GLOTTOGRAPHIE UND DIAPHANOGRAPHIE DES KEHLKOPFES

Vergleichende Untersuchungen der Stimmlippenbewegungen

Erwin Huber

1971

AUS DER
KLINIK UND POLIKLINIK FÜR HALS-, NASEN- UND OHRENKRANKE
DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Direktor: Prof. Dr. H. H. NAUMANN

GLOTTOGRAPHIE UND DIAPHANOGRAPHIE DES KEHLKOPFES

Vergleichende Untersuchungen der Stimmlippenbewegungen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfasst und
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Erwin Huber

aus Regensburg

München 1971

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakult
der Universität München

Referent:	Prof. Dr. E. LOEBELL
Korreferent:	Prof. Dr. H. H. NAUMANN
Dekan:	Prof. Dr. W. SPANN

Tag der mündlichen Prüfung: 14.12.1971

INHALTSVERZEICHNIS

EINLEITUNG

Übersicht der Untersuchungsmethoden der Stimmlippen

I. ANATOMIE DES KEHLKOPFES

1. Aufhängeapparat
2. Kehlkopfskelett
3. Gelenke und Bänder
4. Muskulatur
   a. der Feinbau des m. vocalis
5. Innervation des Kehlkopfes

II. PHYSIOLOGIE DES STIMMAPPARATES

1. Entstehung des Schalls
2. Erzeugung eines Klanges durch Schwingungen der Stimmlippen.
3. Neurochronaxische Theorie Husson's
4. Die Entstehung der verschiedenen Laute
5. Physiologische Änderungen des Stimmapparates in verschiedenen Stimmlagen.

III. GLOTTOGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN DER BEWEGUNGEN DER STIMMLIPPEN

1. Gerät und Untersuchungen von Ph. Fabre
2. Versuchsergebnisse Fabre's
3. Glottograph nach LOEBELL und BALK
4. Ergebnisse der Untersuchungen in München

IV. DIAPHANOGRAPHIE DES KEHLKOPFES

1. Geschichte der Diaphanographie des Kehlkopfes
2. Untersuchungen in München

EIGENE UNTERSUCHUNGEN

V. MATERIAL UND METHODIK

1. Untersuchungsgeräte
   a. für die Glottographie
   b. für die Diaphanographie
2. Aufzeichnung der Glottisschwingungen
3. Versuchsanordnung
4. Versuchspersonen
5. Zur Legende unserer Kurven

VI. BESCHREIBUNG UND ERKLÄRUNG DER VERSUCHSERGEBNISSE

A. Kurven bei gesunden Versuchspersonen
   1. Normaler Stimmeinsatz
      a. Erklärung der Unterschiede zwischen respiratorischer Glottographie und Diaphanographie
      b. Phonatorische Schwingungen
   2. Harter Stimmeinsatz
   3. Weicher Stimmeinsatz
   4. Diskrepanzen in respiratorischer Glottographie und Diaphanographie
   5. Stimmbeginn bei geöffneter Glottis
   6. Niederschrift der Kurven bei hoher Papierlaufgeschwindigkeit
      a. weicher Einsatz
      b. harter Einsatz
   7. Präparatorische Zuckungen
   8. Hecheln
   9. Husten
   10. Würgen

B. Versuchsergebnisse während der physiologischen Mutation

C. Kurvenbilder bei einigen organischen und funktionellen Stimmstörungen
   1. Internusparese
   2. Hypokinetische Stimmstörung nach Laryngitis
   3. Perverse Mutation und leichte Hypokinese

VII. DISKUSSION DER ERGEBNISSE,
VERGLEICH MIT DER LITERATUR

VIII. KRITISCHE BETRACHTUNG DER ANGEWANDTEN
UNTERSUCHUNGSMETHODEN

1. Glottographie

2. Diaphanographie

IX. ZUSAMMENFASSUNG

X. LITERATURVERZEICHNIS

XI. LEBENSLAUF

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546016_0067

EINLEITUNG

ÜBERSICHT DER UNTERSUCHUNGSMETHODEN DER STIMMLIPPEN

Seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts wird der Kehlkopf und vor allem sein Inneres immer mehr zum Forschungsobjekt auch am lebenden Menschen. Als erster dürfte LISTON (1840) die Stimmlippen mit Hilfe eines angewärmten Spiegels in Aktion gesehen haben. Auch ein medizinischer Laie, der spanische Gesangslehrer GARCIA hat sich um die Entwicklung der Spiegeltechnik des Kehlkopfes sehr verdient gemacht (1855). Er benutzt einen zahnärztlichen Spiegel um die Bewegungen seiner Stimmlippen zu studieren und damit eine theoretische Grundlage für seinen Unterricht zu haben. Schon bald darauf (1857) wird die Spiegeltechnik durch LUDWIG TÜRCK in Wien und den Physiologen CZERMAK in Pest weiter ausgearbeitet.

Ein anderes, vor allem für die Stimmfunktion des Larynx sehr wichtiges Prinzip der Untersuchung bietet uns die Stroboskopie. Der Physiker PLATEAU hat sie im Jahre 1829 entdeckt und gleichzeitig die Anregung gegeben, sie zur Untersuchung von rasch und periodisch schwingenden Körpern einzusetzen. Das Prinzip der Stroboskopie beruht darauf, dass jeder Lichteindruck, der das menschliche Auge trifft, ein positives Nachbild von 0,2 sec. Dauer hinterlässt. Wir sehen deshalb Reize, deren Intervall weniger als 1/5 Sekunde beträgt als kontinuierliches Bild (Talbotsches Gesetz). Beleuchten wir einen schnell und gleichmässig schwingenden Körper mit einzelnen Lichtblitzen immer im selben Stand seiner Phase, so steht er für unser Auge still, oder bewegt sich nur langsam, wenn die Folge der Lichtblitze nur wenig verschieden ist von der Zahl seiner Schwingungen in der Zeiteinheit.

Auf die früher benutzten Lochscheibenstroboskope folgt 1936 das von PANCONCELLI-CALCIA gebaute Lichtblitzstroboskop. Aus diesem leiten sich unsere heutigen Elektrischen Stroboskope ab. Zur Erregung der elektrischen Schwingungen im Frequenzbereich der menschlichen Stimme dient ein Tongenerator, der über einen Verstärker die Lichtblitze steuert. Die Steuerung kann über ein Mikrophon mit der Stimme der Versuchsperson synchronisiert werden. Über einen Fusshebel kann der Arzt auch die Frequenz verändern, um den Schwingungsablauf verzögert darzustellen (SCHÖNHÄRL).

Die direkte Laryngoskopie dient mehr der anatomischen Untersuc
des Kehlkopfes und der Trachea bis zur Bifurkation. Sie wird zue
von KIRSTEN im Jahre 1894 angegeben und dann von KILIAN und
NINGS ausgebaut. Zur Untersuchung des Larynx und der tieferen
wege benutzt man vor allem gerade Spekula, während man für Int
tionszwecke den gebogenen Larynxspatel nach Macintosh bevorzug

Die Durchleuchtung des Kehlkopfes lässt sich wieder sehr gut zun
kennen seiner Stimmfunktion verwenden. Dabei lassen sich die Ur
se des Kehlkopfes in verschiedenen Stellungen aufzeichnen und ve
chen. Ferner wendet man Roentgen-, Fernseh-Einrichtungen, so
Bildverstärker zur Kinematographie und Kontrastmittel an. Mit v
hältnismässig weichen Strahlen lassen sich auch die Weichteile de
Kehlkopfes und damit die Dicke der Stimmlippen darstellen.

Seit nahezu hundert Jahren photographiert man auch den Kehlkopf
innen (MATZKER). Über den Kehlkopfspiegel versucht dies als er
CZERMAK. Schon 1896 schiesst FLATEAU die ersten Bilder übe
direkte Laryngoskopie. Beide Methoden haben zuerst nur unvollko
mene Ergebnisse geliefert, sind aber in der Zwischenzeit bis zu e
hohen Grad vervollkommnet worden. Photographische Aufnahmen
ein Larynxmikroskop dienen heute sogar zur Frühdiagnose und Di
rentialdiagnose von Geschwülsten im Kehlkopf.

CHEVRETON und FLIES haben das Verdienst die Kinematographie
die Kehlkopfdiagnostik eingeführt zu haben. Hochfrequenzfilme, d
erstmals von FARENSWORTH und Mitarbeitern bei der Bell-Tele
Company durchgeführt wurden, erzielen einen stroboskopischen E
(LUCHSINGER und PFISTER).

FAABORG-ANDERSEN erforscht die Aktivitäten der Kehlkopfmus
mit Hilfe der Elektromyographie. Als weitere Untersuchungsmeth
interessieren heute die Messung der Länge der Stimmlippen, sow
Schwingungsamplituden der plicae vocales. Messungen des subglo
schen Druckes, sowie der zur Phonation nötigen Luftmenge ergän
das Programm.

Einen grossen Fortschritt in der Erkenntnis der Stimmlippenbewe
gen bei Gesunden und bei Kranken haben auch die in unserer Arbe
gewandten Methoden der Diaphanographie und vor allem der Glott
phie gebracht. Auf Ihre Entwicklung und ihr Wesen werden wir sp
noch genauer eingehen.

I. ANATOMIE DES KEHLKOPFES

1. AUFHÄNGEAPPARAT

Der tonerzeugende Teil des menschlichen Stimmapparates, die Glottis liegt innerhalb des Kehlkopfes (Larynx). Dieser stellt das Verbindungsstück vom Nasen-Rachenraum zur Trachea dar. Der Larynx ist aufgehängt an einem System von Knochen, Muskeln und Bändern, das nach oben bis zur Schädelbasis reicht, unten von der Trachea gebildet wird. Auch der Mundboden ist ein wesentlicher Teil des Aufhängeapparates. Eine nicht geringe Rolle bei der Fixierung des Larynx spielt das Zungenbein. LESOINE bestreitet diese Rolle allerdings auf Grund seiner Erfahrungen bei Zungenbeinteilresektionen. Nach hinten und oben wird es gehalten, bzw. gehoben von den mm. digastrici (venter posterior) und den mm. stylohyoidei. Nach vorne und oben wird es fixiert durch die mm. mylohyoidei, geniohyoidei und digastrici (venter anterior). Vom unteren Rand des Zungenbeines zieht die membrana thyreohyoidea zum kranialen Rand des Schildknorpels. In der Mitte und an den seitlichen Rändern ist die membrana verstärkt zum ligamentum thyreohyoideum mediale, bzw. laterale. Die Unterseite des Kehlkopfes geht an der ventralen und den lateralen Flächen durch das ligamentum cricothyreoideum, an der dorsalen Fläche durch den paries membranaceus in die Trachea über. Ferner strahlt die Muskulatur des Oesophagus in den Kehlkopf ein, und verbindet ihn elastisch mit dem Mediastinum. Von hinten, oben wird der Larynx gehalten durch Muskelfasem, die sich aus dem m. constrictor pharyngis abspalten.
Der Kehlkopf wird durch diese anatomischen Besonderheiten nicht starr in seiner Lage fixiert, sondern kann, eingehüllt in einen Raum von Faszien und lockerem Bindegewebe, Bewegungen vor allem in vertikaler Richtung ausführen. Nach oben ziehen ihn die bereits genannten Zungenbeinheber, nach unten wirkt der passive Zug der Trachea, bzw. die Kontraktion der kaudalen Zungenbeinmuskeln: mm. sternohyoidei, omohyoidei, sowie der direkt am Larynx ansetzende m. sternothyreoideus. Die Faszienloge wird hinten begrenzt durch die lamina praevertebralis fasciae cervicalis, vorne durch die lamina praetrachealis.

2. KEHLKOPFSKELET

Das Skelet des Larynx entsteht als eine Umbildung des Visceralskelets niederer Formen. Es besteht aus drei unpaaren Knorpeln: cartilagines thyreoidea, cricoidea, epiglottica, sowie aus einigen paaren Knorpeln

von denen nur die cartilago arytaenoidea eine bedeutende Funktion
sitzt.

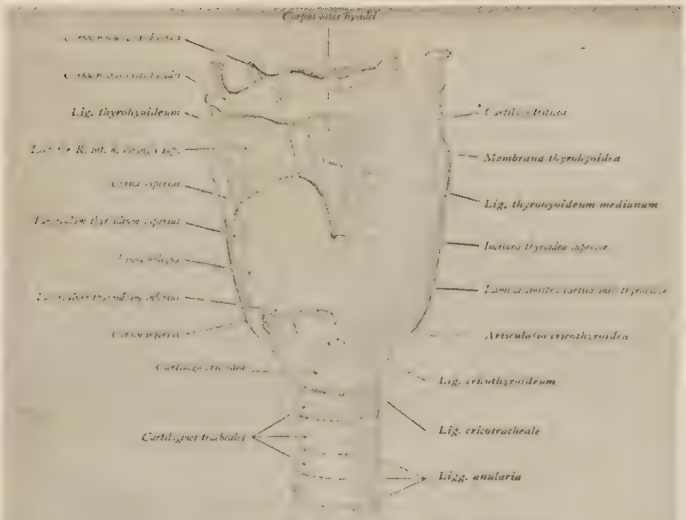
Die cartilago thyreoidea, der grösste der Kehlkopfknorpel, besteh
aus zwei Platten (laminae), die beim Manne unter einem Winkel vo
90 Grad, bei der Frau unter einem stumpferen zusammenstossen.
die Seitenplatten höher sind als die ventrale Verbindungsleiste, en
steht oben die tiefe incisura cranialis, unten die flachere incisura
dalis. Der Schildknorpel ist etwas nach vorne geneigt und die Verb
dungsleiste springt besonders in ihrem oberen Stück als prominent
laryngea unter der Haut des Halses hervor. Der Schildknorpel des
Mannes ist etwa ein Drittel grösser als der der Frau. An den seitl
chen Flächen der cart. thyreoidea wölbt sich jeweils die linea obliq
hervor. Am Hinterrand sind zwei hornartige Fortsätze ausgebildet
von denen das obere cornu superius durch das ligamentum thyreoh
deum am Zungenbein aufgehängt ist. Das untere cornu inferius die
gelenkigen Verbindung mit dem Ringknorpel.
Der Ringknorpel, cart. cricoidea hat ungefähr die Gestalt eines Sie
ringes. Der Bogen des Ringes (arcus) steigt nach hinten zur Platte
(lamina). An der Seitenfläche des Ringknorpels befindet sich beids
eine kleine Gelenkspfanne, die facies articularis thyreoidea. Am Ü
gang vom arcus zur lamina sind die oberen Ränder des Knorpels z
zylindrischen Gelenkflächen ausgebildet, auf denen die Aryknorpel
ten. Der Giessbeckenknorpel (cart. arytaenoidea) ist paarig und ha
gefähr die Form einer Pyramide. Seine Basis ist quergewölbt als
ne für den Gelenkkopf des Ringknorpels. Die nach oben zeigende Sp
ze ist gleichsam abgeschnitten und auf ihr sitzt die cart. corniculat
Die hintere Fläche des Aryknorpels ist leicht konkav, die mediale
che bildet zusammen mit der des zweiten Aryknorpels die plane Gr
fläche der pars intercartilaginae der Stimmritze. Über die Facies
terolaterlis läuft die leicht S-förmig gekrümmte crista arcuata.
Sie trennt die kraniale fovea triangularis von der kaudalen fovea ob
ga. An der Basis des Aryknorpels wachsen zwei für seine Funktion
bedeutende Fortsätze aus ihm hervor. Nach lateral und hinten ragt
processus muscularis, nach vorne der von elastischem Knorpel üb
zogene processus vocalis.
Die cartilago epiglottica bildet das Skelet des Kehldeckels. Sie ist
förmig gestaltet und an ihrem spitzen Ende, dem Petiolus durch da
ligamentum thyreoepiglotticum mit dem Ringknorpel verwachsen.

3. GELENKE UND BÄNDER DES KEHLKOPFES

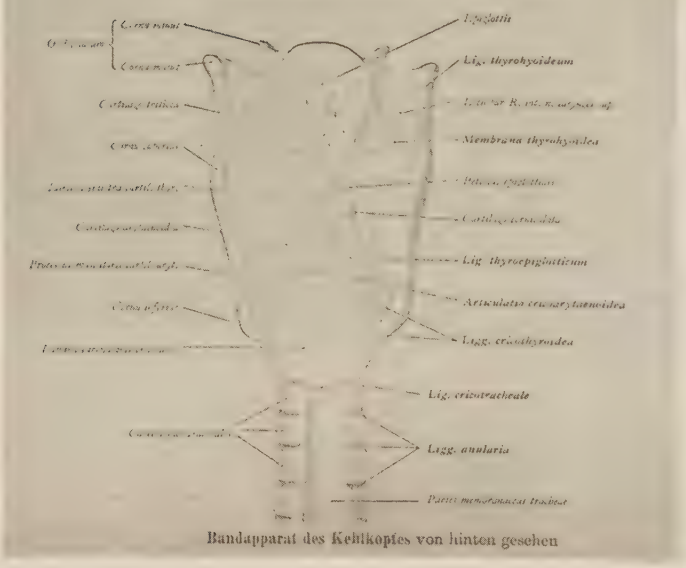
Die Artikulatio cricothyreoidea verbindet den Ring- mit dem Schildknorpel gelenkig. Es handelt sich dabei um die Kombination eines Schiebegelenks mit einem angedeuteten Kugelgelnk. Das Gelenkköpfchen wird gebildet vom unteren Ende des cornu inferius des Schildknorpels, die Facies articularis ist zu einer kleinen Gelenkpfanne ausgehöhlt. Weil die schlaffe Kapsel dieses Gelenks keine ausreichende Führung gewährt, wird die articulatio cricothyreoidea durch Bandmassen verstärkt. Um die Achse dieses Gelenkes können der Schild- und der Ringknorpel zueinander kippen. Neben dieser Scharnierbewegung kann auch eine geringe Verschiebung in anterodorsaler Richtung stattfinden. Die Bänder selbst bringen dieses Gelenk ohne Muskelkraft wieder in die Ruhestellung zurück. Diese von MAYET und MÜNDNICH beschriebenen Untersuchungen wurden durch VAN DEN BERG bestätigt. Die Excursionsgrenzen dieser Verbindung werden bestimmt durch das ligamentum ceratocricoideum posterius und laterale, sowie durch das ligamentum cricothyreoideum.
Die Artikulatio cricoarytaenoidea übertrifft die eben beschriebene noch an Bedeutung. Der Gelenkkopf auf dem Ringknorpel stellt einen Ausschnitt aus einem Zylindermantel dar. Die Gelenkachse verläuft schräg von oben, hinten und innen nach vorne, unten und aussen. Der Aryknorpel gleitet mit seiner zur Gelenkpfanne gehöhlten Basis auf dieser Fläche. Er kann sich dabei in zwei Ebenen bewegen. Wenn er sich nach Art eines Scharnieres dreht, führt der processus vocalis, entsprechend der Gelenksachse, eine Bewegung nach oben, vorne und aussen aus, bzw. umgekehrt. Andererseits kann der Stellknorpel entlang dem Zylindermantel auf und abgleiten, so dass er sich dem der anderen Seite nähert, oder sich entfernt. Beide Bewegungen kombinieren sich zu einer schraubenartigen Bewegung. Die Gelenkskapsel ist sehr schlaff, so dass der Knorpel durch das lig. cricoarytaenoideum gehalten werden muss. Für die Stimmfunktion des Kehlkopfes sind beide Bänder sehr wichtig, das letztere aber auch für die Atmung.
(Abbildungen dazu, siehe Seite 12)

4. MUSKULATUR DES KEHLKOPFES

Die Muskeln des Kehlkopfes leiten sich von einem innerhalb desselben gelegenen Sphinkter internus, sowie einem äusseren Sphinkter externus ab. Zum externus gehört der cricoaytaenoideus. Er entspringt von



Bandapparat des Kehlkopfes von vorn gesehen



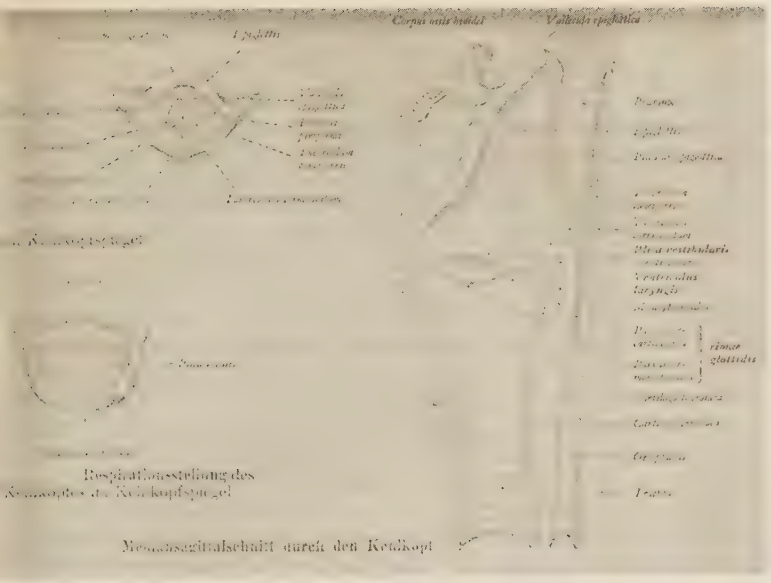
Bandapparat des Kehlkopfes von hinten gesehen

Aus: A. WALDEYER, Anatomie des Menschen, II. Teil

r Vorderfläche des Ringknorpels und steigt mit seiner pars recta
eil auf, während die pars obliqua schräg zum Unterrand der cart.
yreoidea verläuft. Dort setzt der Muskel von vorne bis zum cornu
ferius an, wölbt sich aber auch in das Innere des Larynx bis zum
nus elasticus und kann so den subglottischen Raum plastisch verän-
rn. Der Muskel ist ziemlich kurz, aber kräftig. Bei seiner Kontrak-
on kippt er den Schildknorpel über den Ringknorpel. Dadurch wird
r Abstand von der lamina cricoidea zum Winkel des Schildknorpels
rlängert.
ie folgenden Muskeln gehören zum Sphinkter internus:
er m. cricoarytaenoideus posterior (Posticus) zieht von der Ringknor-
lplatte nach kranial und lateral zum processus muscularis des Stell-
norpels. Er zieht den proc. musc. nach hinten und abwärts und ist da-
it der einzige Öffner der Stimmritze. Bei seiner isolierten Lähmung
t deshalb mit gefährlicher Dyspnoe zu rechnen.
in Antagonist ist der m. cricoarytaenoideus lateralis. Dieser ent-
ringt seitlich am Oberrande des Ringknorpels und setzt ebenfalls
m processus muscularis des Aryknorpels an. Er schliesst die pars
embranacea der Stimmritze, während die pars intercartilanginea
ffenbleibt.
ie mm. arytaenoidei verbinden die beiden Stellknorpel miteinander.
er transversus bildet die vordere Lage und verläuft horizontal, wäh-
nd der obliquus von der Unterkante der einen Seite schräg aufstei-
nd zum kranialen Teil des Stellknorpels der Gegenseite zieht. Die
asern des obliquus liegen dorsal von denen des transversus und über-
reuzen sich mit denen des obliquus der Gegenseite. Ein Teil des ob-
quus spaltet sich ab und strahlt in das lig. aryepiglotticum ein, das
n den Spitzen der Aryknorpel zur Epiglottis verläuft.
ndere Fasern gehen in den m. thyreoarytaenoideus über. Dieser
uskel spannt sich von der Innenfläche des Schildknorpels zum proces-
s musc. des Aryknorpels und zu dessen lateraler Fläche. Der Mas-
des m. thyreoarytaenoideus obliegt hauptsächlich die feinere Ein-
ellung der Weite der rima glottidis und der Spannung der Stimmlip-
n, deren muskuläre Grundlage er bildet. Von den meisten Autoren
rd dieser unterteilt in den m. thyreoarytaenoideus und den m. voca-
s. Da vor allem seine Aktionen die von uns untersuchten Phänomene
rvorrufen, verwenden wir auf seine Beschreibung etwas mehr Zeit.

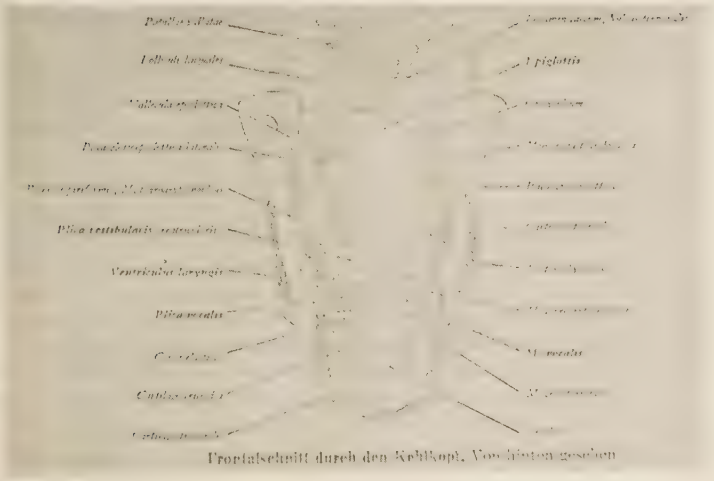
eide Teile des Muskels entspringen vorne medial in der facies mus-
laris interna des Schildknorpels. Die Hauptmasse der Fasern ver-
uft parallel, etwas nach hinten ansteigend und setzt an der cart. ary-
enoidea an. Die oberen Bündel gehen entlang dem medialen Rand zum
oc. vocalis und werden als m. vocalis bezeichnet. Der darunter am
hildknorpel entspringende Teil (thyreoarytaenoideus im engeren Sinn)
hickt seine Fasern zum grössten Teil zur fovea oblonga und deren

unteren Rand am Aryknorpel.
Die Trennungslinie beider Muskeln ist nicht genau zu bestimmen
die verschiedenen Namen resultieren nur aus der unterschiedlic
Verlaufsrichtung der Fasern. Beide Teile sind nämlich in ihrer
richtung miteinander verwoben, ohne dass man eine Faszie, ode
degewebe zwischen ihnen finden könnte (ELZE, MAYET).
Bezüglich des m.vocalis entbrannte ein Streit, der schon seit lä
Zeit anhält. LUSCHKA, RÜHLMANN, ELZE, NEGUS und MAYE
men für einen parallelen Verlauf der Fasern des m.vocalis vom
bis zum Aryknorpel. GOERTTLER und seine Schüler (BEHRING
die sich auf LUDWIG, JAKOBSOHN und GRÜTZNER bezogen, w
der Ansicht, dass der m.vocalis aktiv an der Öffnung der Glotti
nimmt und schräg von vorne, bzw. hinten in das lig.vocale, sei
Plattenepithel überzogenen bindegewebigen Rand, einstrahlt. So
ten durch den Zug von einzelnen Teilen des Muskels kleinere od
sere Teile der Stimmritze geöffnet werden. PRESSMANN unters
sogar noch eine dritte Gruppe von Fasern, die im lig.vocale ent
und auch dort wieder ansetzt. Diese Meinung wurde vor allem d
WUSTROW, van den BERG und MOLL, MAYET, SCHLOSSHAUE
VOSTEEN kritisiert. Die meisten dieser Autoren fanden zwar F
die im lig.voc. ansetzen, deren Anzahl ist aber so gering, dass
keinerlei funktionelle Bedeutung besitzen.
Das Stimmband kann nur deshalb nicht vom m.vocalis getrennt v
weil sich elastische Fasern aus dem Stimmband mit dem Perim
des Muskels verbinden. Eine neuere Untersuchungsmethode zur
dieser Streitfrage wandte 1960 SONNESSON an. In horizontalen
ten konnte er durch Färbung nach der von KOELLE und FRIEDE
angegebenen Methode mit Acetylcholin die motorischen Endplatt
die muskulotendinösen Verbindungsstellen im m.vocalis identifi
Die Endplatten lagen dabei alle in einer Zone in der Mitte zwisc
Schild- und Aryknorpel. Muskulotendinöse Verbindungen sah ma
Schildknorpel und am Aryknorpel, aber weder entlang des Stimm
des, noch im Verlauf des m.vocalis fanden sich Muskelfaserend
terhalb des Stimmbandes waren dagegen musculotendinöse Verb
gen mit dem conus elasticus zu sehen. Ansätze am Stimmband k
also höchstens in sehr geringem Ausmass vor.
Die Lage der Faserbündel beider Muskel ist abhängig von der St
der Aryknorpel. Bei deren Abduktionsstellung verlaufen alle Fa
parallel und etwas nach hinten ansteigend. In Adduktionsstellung
gen ist der Muskel etwas um seine longitudinale Achse verdrillt,
die obenliegenden Bündel nach medial und unten in eine Ebene m
proc.voc. und dem Stimmband wandern, während die unteren Fa
weiterhin nach seitlich oben zur fovea oblonga ziehen.



Respirationsstellung des

Mediansagittalschnitt durch den Kehlkopf



Frontalschnitt durch den Kehlkopf. Von hinten gesehen

s: A. WALDEYER, Atlas der Anatomie des Menschen, II. Teil

5. INNERVATION DES KEHLKOPFES

Die Innervation des Kehlkopfes erfolgt durch Fasern, die mit der
vus vagus verlaufen. Der nervus laryngeus cranialis zweigt am G
lion inferius aus dem Vagus ab. Er zieht medial von der arteria
tis interna nach unten zum Kehlkopf. Am grossen Zungenbeinhor
er sich in zwei Äste. Der grössere ramus cranialis durchbohrt
membrana thyreohyoidea und versorgt neben der Schleimhaut des
rynx auch die der Epiglottis, sowie des Kehlkopfes bis hinunter z
rima glottidis. Bei seinem Verlauf durch den seitlich des Kehlko
gelegenen recessus priformis wirft er die Schleimhaut auf zur pl
nervi laryngei. Der schwächere ramus externus dringt nicht in d
Kehlkopf ein, sondern zieht abwärts zum m. cricothyreoideus der
motorisch versorgt.
Der nervus laryngeus caudialis ist der Endast des nervus recurr
Er steigt zwischen Trachea und Oesophagus zum Larynx auf, die
laryngea caudalis überkreuzend. An dieser Stelle wird der Nerv
rativ gelegentlich beschädigt, was zu deutlichen Stimm- oder Ate
rungen führt. Der n. laryngeus caudalis versorgt die Schleimhaut
terhalb der rima glottidis, sowie sämtliche inneren Kehlkopfmus
Ein kleiner aufsteigender Ast findet im, oder hinter dem m. cric
taenoideus posterior eine Verbindung zum n. laryngeus superior
LENSCHE Anastomose) (nach MAYET u. Mitarbeitern bei 20 %).
Die Innervation der Schleimhaut spielt für die Funktion des Stimm
rates nur eine geringe Rolle, denn auch nach Betäubung der Schl
haut ist die Stimmgebung nur in geringem Ausmass gestört. Die
renzen aus den propriozeptiven Apparaten der Kehlkopfmuskeln
flussen die Stimme dagegen wesentlich mehr. Bei ihrem Ausfall
gibt sich ein nicht mehr behebbares Unvermögen einen Ton genau
zusingen. Muskelspindeln im m. vocalis selbst konnten noch nich
Sicherheit nachgewiesen werden. GOERTTLER fand jedoch Stelle
solchen Spindeln durchaus ähneln, ausserdem konnte er für den
calis spezifische myofibrilläre Endorgane fotografisch darstellen
motorische Ursprungskern beider Kehlkopfnerven ist der nucleus
guus. Da dieser Kern Impulse aus beiden Grosshirnhälften erhäl
die Symmetrie der Stimmbandbewegungen besonders gesichert.
Die Afferenzen aus den Rezeptoren der Schleimhaut und der Mus
fliessen offenbar zur medulla oblongata und werden dort wahrsch
direkt und indirekt über das Grosshirn auf den nucleus ambiguus
geschaltet. Das anatomische Substrat für diese Untersuchungen
nicht geklärt.

. PHYSIOLOGIE DES STIMMAPPARATES

ie Hauptaufgabe des menschlichen Kehlkopfes besteht darin, die tie-
ren Luftwege vor schädlichen Einflüssen von aussen, z.B. vor Fremd-
örpern zu schützen. Da es aber in unseren Darstellungen nur um die
unktionen des Larynx als Stimmorgan geht, verzichten wir auf eine
eschreibung seiner Schutzfunktionen.

. ENTSTEHUNG DES SCHALLS

i der Physik bezeichnet man jene Vorgänge, die in unserem Gehör
mpfindungen auslösen, die wir als Töne, Klänge, oder Geräusche
ezeichnen, als Schall. Ein Schall besteht aus longitudinalen Schwin-
ungen von Masseteilchen. Die Ausbreitungsrichtung der Schwingun-
en nennt man die Wellennormale. Es bilden sich dabei Bereiche, in
enen sich dadurch der Druck erhöht. In einer Entfernung einer hal-
en Wellenlänge davon bewegen sich die Masseteilchen gegen die Rich-
ung der Wellenfortpflanzung und führen so zu einer Druckerniedrigung.
ie Länge der einzelnen Wellen lässt sich leicht errechnen nach der
ormel: 1 = 330/F. 330 ist dabei die Ausbreitungsgeschwindigkeit
es Schalls in Luft bei normalem Luftdruck und 4°C, F ist die Zahl der
chwingungen pro Sekunde.
ie verschiedenen Schwingungsarten von Schallquellen rufen in unse-
em Gehör auch verschiedenartige Empfindungen hervor. So geht ein
on von einer Schallquelle aus, die mit konstanter Frequenz periodisch
chwingt. Reine Sinustöne kommen in der Natur praktisch nicht vor.
in Gemisch aus mehreren Tönen, die meistens nicht gleich stark sind,
ezeichnen wir als Klang. Da in der menschlichen Stimme neben einem
rundton zahlreiche Obertöne mitschwingen, handelt es sich also bei
hr, zumindest bei den Vokalen, um Klänge. Schwingt schliesslich ein
challerreger nicht periodisch, so strahlt er ein Geräusch aus.

2. ERZEUGUNG EINES KLANGES DURCH SCHWINGUNGEN DER STIMMLIPPEN

Die Stimmlippen werden am Beginn der Phonation durch aktive M
arbeit einander genähert, bei normaler Stimmlage bis zum feste
schluss. Der aus der Lunge kommende Luftstrom staut sich dadu
unterhalb der rima glottidis, der Druck steigt an. Die Stimmlipp
den durch den erhöhten Druck gesprengt, Luft entweicht durch de
Durch ihre elastische Spannkraft, sowie durch den plötzlich entst
den Unterdruck nähern sich die Stimmlippen wieder einander und
schliessen die rima glottidis, bis sie durch den Druckanstieg ern
auseinandergetrieben werden. Dieses Schwingungsmuster wurde
von HARLESS (1853), der Froschmuskeln als Stimmlippen verwe
dargestellt. Dass es sich beim Kehlkopfklang also um selbsterre
Schwingungen und nicht etwa um einzelne Muskelaktionen handelt,
te bisher an vielen Kehlkopfpräparaten, sowie auch an Kehlköpfe
gezeigt werden.
Am meisten Erfolg hatten die Versuche EWALDs, welcher zeigte
die Stimmlippen als Polsterpfeifen wirken. Stroboskopische Unte
chungen zeigen, dass die Stimmlippen nicht nur horizontal, sonde
auch vertikal schwingen, auf dem Rückweg etwas anders als auf d
Hinweg, so dass eine elliptische Gesamtbewegung resultiert. Die
Bewegungsmuster bringt für die Funktion der Stimmlippen einen
sen Vorteil. Bei rein horizontaler Schwingung würden die Stimmb
bei jeder Schliessungsbewegung hart aufeinander schlagen, durch
elliptische Bahn aber wird dies zu einem Aneinanderrollen. Das
mentum vocale wird auf diese Weise viel mehr geschont.
Die Höhe eines Tones ist abhängig von der Frequenz seiner Schwi
gen. Die Frequenz einer schwingenden Masse aber folgt dem Ges
f = c mal Quadratwurzel aus k/M, wobei c = eine Konstante, k
Federkraft (respektive die Spannung des Stimmlippenmuskels) und
die Masse der schwingenden Teile darstellt (LUCHSINGER). Im n
lichen Kehlkopf wird bei steigender Tonhöhe zuerst die Spannung
Kehlkopfmuskulatur erhöht. Dieser Erhöhung der Federkraft wird
bald eine natürliche Grenze gesetzt sein. Bei noch höheren Tönen
dann auch die Masse der schwingenden Teile verringert werden.
Obwohl der Ausdruck k/M unter einer Quadratwurzel steht, erlau
menschliche Stimmapparat eine beträchtliche Varianz der Schwin
zahl. Den grössten Stimmumfang hat unter den Gesangstimmen de
pran, der von 260 bis etwa 1400 Hertz reicht. Die tiefsten Töne d
Bass liegen bei rund 82, seine höchsten bei 350 Hertz (LINDNER)
hohe, sogenannte Pfeiftöne (Frequenz über 2600) entstehen nicht
an den Stimmlippen, sondern sind Spalttöne, die durch Wirbelbild
im Ansatzrohr entstehen.

NEUROCHRONAXISCHE THEORIE HUSSONs

n Jahre 1951 stellte HUSSON die klassische myoelastische oder aero-
rnamische Theorie der Stimmbildung in Frage und sprach sich für die
eurochronaxische Theorie aus. Dabei sollte jede einzelne Schwingung
er Stimmlippen durch nervale Impulse ausgelöst und durch aktive Mus-
elbewegung verwirklicht werden. HUSSON selbst musste seiner Theo-
e einige Ergänzungen hinzufügen, damit sie von physiologischer Sei-
überhaupt annehmbar wurde. So liegt z.B. die höchste erreichbare
requenz in einem Nerven bei 500 Hertz. Für höhere Frequenzen könn-
nach der Anschauung HUSSONs nur ein Teil der Muskelfasern erregt
erden, doch durch die Interferenz der einzelnen Muskelfasern würde
s zu einer geschlossenen Schwingen der Gesamtheit der Fasern der
rgebenden Frequenz kommen. Zahlreiche Versuche wurden unternom-
en um diese Theorie zu stützen, bzw. um **sie zu** widerlegen. E. LIN-
EMANN konnte zwar am n.laryngeus caudalis des Hundes Aktionsströ-
e von der Frequenz des Tones nachweisen, die jedoch verschwinden,
obald der n.laryngeus cranialis durchtrennt wird. LINDEMANN selbst
eutete darauf diese Erscheinungen als propriozeptiven Reflux. HAST
eizte den n.recurrens und erreichte synchrone Fibrillationen bis zu
0 Hz. Bei 60 Hz folgten die Stimmlippen dem Reiz nicht mehr. AMEN-
ACH leitete Aktionspotentiale aus dem m.voc. des Hundes ab und stellte
eim Phonieren eine Aktionsstromfolge von 50 Hz fest. Auch die An-
rdnung der Muskelfasern im m.vocalis spricht gegen die neurochro-
axische Theorie, denn der Faserverlauf ist so, dass die Hauptkompo-
ente der Kraft in sagittaler Richtung verläuft, die senkrecht zu ihr
irkende Kraft jedoch sehr klein bleibt. Für die Forderungen der Hus-
on'schen Theorie müsste es aber gerade umgekehrt sein. GANZ unter-
uchte die Kehlkopfmuskulatur mit biochemischen Methoden, wie sie
on BÜCHER und PETTE angegeben wurden, zur Differenzierung der
Muskeln mit mehr tonischer und mehr klinischer Funktion. Der Mito-
hondrienreichtum, der hohe Gealt des Muskels an Enzymen des aero-
en Stoffwechsels, sowie die reichliche Kapillarisierung lassen den m.
ocalis in die Reihe der mitochondrial-respiratorischen Gruppe einord-
en, für die tonisch-kontinuierliche Aktionen typisch sind. Noch ausge-
rägter ist dieses Prinzip im übrigen im Posticus vorhanden, was man
ich leicht dadurch erklären kann, dass dieser Muskel beim Menschen
ährend der Atmung in ständiger Aktion sein muss.

n der Zwischenzeit wurde die Neurochronaxische Theorie von einer
eihe von Autoren angegriffen, bzw. widerlegt. Unter anderen zählen
azu auch BERENDES, WUSTROW und LOEBELL. Gerade die glotto-
raphischen Bilder bestimmter Stimmstörungen liefern, stichhaltige
rgumente gegen die neurochronaxische Theorie. Die Verfechter die-

ser Theorie um HUSSON haben sich allerdings noch nicht von der losigkeit ihrer Anschauungen überzeugen lassen.

4. DIE ENTSTEHUNG DER VERSCHIEDENEN LAUTE

Bisher wurde von der Aufgabe des Kehlkopfes als Tongenerator g chen. Der Stimmapparat des Menschen ist aber in der Lage die v ihm erzeugten Töne zu modulieren und so die verschiedensten Kl farben und Laute zu erzeugen. Da sich unsere Untersuchungen au Niveau des Kehlkopfes und die Registrierung von Vokalen beschrä soll nur auf deren Entstehung eingegangen werden. Im wesentlich stehen sich hier seit längerer Zeit zwei Theorien gegenüber:
HELMHOLTZ fordert in seiner Obertontheorie einen primären ob tonreichen Stimmklang. Je nach der Formung und Dämpfung im A rohr werden bestimmte Teiltöne und Resonnanzen verstärkt, and abgeschwächt, oder unterdrückt. Es können deshalb im Vokalklan harmonische Teiltöne des erregenden Stimmklanges vorhanden se

Nach der HERMANNschen Anblasetheorie wird das Ansatzrohr du stossartige Schwingungen der tönenden Luftsäule in gedämpft abkl gende Eigenschwingungen versetzt. Diese Eigenschwingungen soll nur von der Einstellung des Ansatzrohres, nicht jedoch von der F quenz der Anblaseimpulse abhängen. Es dürfte deshalb kein harm sches Verhältnis bestehen zwischen der Frequenz der aus der Tr kommenden Luftstösse und der Teiltonhöhe der erregten Vokale.

C. STUMPF zeigte in Interferenzversuchen, dass die charakteris Teiltonbereiche eines Vokales aus streng harmonischen Teiltönen erregenden Grundtons zusammengesetzt sind. Unharmonische Te ne stören nur die Reinheit des Vokalklanges. F. TRENDELENBU und Mitarbeiter erkannten später, dass die Unterschiede zwische beiden wichtigsten Vokaltheorien nur auf eine verschiedenartige I tung der zugrundeliegenden Experimente zurückgeht.
Für die HELMHOLTZsche Obertontheorie spricht auch folgendes periment: Wenn man bei einem Menschen einen reinen Sinuston d eine Fistel unterhalb des Kehlkopfes eintreten lässt und ihn auffo bestimmte Vokale in seiner Mundhöhle zu formieren, so wird de in keiner Weise verändert, die etwa einem Vokal gleichen würde SEN).
Einige Forscher leiteten auch den primären Kehlkopfklang direkt der Glottis ab. BECKMANN und OEKEN stellten dabei ein relativ les Frequenzspektrum von 160 bis 2000 Hz fest. Der frequenzm schmale Kehlkopfklang könnte demnach also die Vokale nur im Si der HERRMANNschen Theorie entstehen lassen.

RNDT aber fand periodische Klanganteile über das gesamte Frequenz-
biet bis etwa 8000 Hz und darüber. PAULSEN analysierte den primä-
n Kehlkopfklang an Leichenkehlköpfen und fand Klanganteile bis zu
000 bis 14 000 Hz. Diese neueren Ergebnisse sprechen also für die
ehauptungen von HELMHOLTZ, desgleichen auch LOEBELLs Unter-
uchungen mittels frequenzzerlegter Elektroglottographie.

PHYSIOLOGISCHE ÄNDERUNGEN DES STIMMAPPARATES IN VERSCHIEDENEN STIMMLAGEN

ntsprechend den obigen Ausführungen variieren die Verhältnisse im
arynx bei verschiedenem Gebrauch der Stimme. Bei den tiefen Tönen
t die Stimmritze in Form eines langen gleichschenkligen Dreiecks
eöffnet. Die Basis bildet die pars intercartilaginae, die Stimmlippen
igen eine allgemeine Entspannung und weite, ausholende Schwingun-
n (SONESSON, LUCHSINGER, BERENDES).
it steigender Tonhöhe spannen sich die Lippen immer mehr an, vor
lem durch die Wirkung der Sternothyreoideus-Cricothyreoideus-
uskulatur. Die rima glottidis schliesst sich von einer gewissen Ton-
ufe an ganz, die Stimmlippen zeigen fast parallelen Verlauf. Bei
eiterem in die Höhe singen werden die Stimmlippen immer mehr ge-
annt bis zum Erreichen ihres Maximums. Hier muss zur weiteren
requenzsteigerung ein neuer Mechanismus einsetzen (BERENDES).
s schwingen jetzt nur mehr einzelne Segmente.
ei der Flüsterstimme schliesslich liegen die Stimmlippen in ihrem
orderen ligamentären Anteil fest aneinander, während das Dreieck
wischen den Aryknorpeln geöffnet bleibt. An die Stelle der periodi-
hen Schwingungen treten hier aperiodische, die Reibegeräusche an
elle von Tönen produzieren.
eben diesen Änderungen im Niveau der Glottis ergeben sich bei den
erschiedenen Stimmlagen selbstverständlich auch Veränderungen im
nsatzrohr. Bei tiefen Tönen steht z. B. der Larynx tiefer in der re-
o colli, bei hohen Tönen rückt er höher. Gut ausgebildete Sänger ver-
ehen es allerdings auch bei tief stehendem Kehlkopf hohe Töne zu
ngen (LUCHSINGER).

III. GLOTTOGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN DER BEWEGUNGEN DER STIMMLIPPEN

1. GERÄT UND UNTERSUCHUNGEN VON Ph!FABRE

Unsere eigenen Untersuchungen der Bewegungen der Stimmlippen
sieren auf zwei Prinzipien. Die eine Methode, die sog. Glottograp
wurde von dem Biophysiker FABRE konzipiert und zuerst am Men
angewandt. Als Vorläuferin der Glottographie wird das von TREN
LENBURG und WULLSTEIN angegebene Schattenschriftverfahren a
sehen. Beide Autoren leiteten am Modell auch schon die Glottograp
ab. FABRE selbst gibt 1957 folgende Einführung zum Verständnis
Glottographie:
"Der Kehlkopf moduliert durch seine Bewegungen die Stärke eines
trischen Stromes hoher Frequenz, der durch Hautelektroden, die
derseits auf der Platte des Schildknorpels, oder dem Adamsapfel
gen, eingeführt wird. Nach entsprechender Behandlung eines solch
Stromes erhalten wir eine oszillographische Kurve, die in jedem A
blick den Stand der Entfernung der Stimmlippen zeigt. Bei einande
näherten, oder sogar aneinanderliegenden Stimmlippen ist der Wid
stand am geringsten, und somit die Amplitude auf unseren graphis
Kurven am grössten. Bei voneinander entfernten Stimmlippen ist d
Elektrische Widerstand grösser, die Amplitude deshalb kleiner."

In den diesem Verfahren zu Grunde liegenden Gedanken werden als
die Stimmlippen als Platten eines Kondensators betrachtet, der in
einem Wechselstromkreis zwischengeschaltet ist. Beim Annähern
Stimmlippen wird der Abstand der beiden Kondensatorplatten geri
die Kapazität steigt deshalb an, der Widerstand nimmt ab. Der Str
fluss und die Spannung steigen dementsprechend an. Beim Auseina
derweichen der Stimmlippen wird die Kapazität kleiner, die Strom
ke und die Spannung nehmen ab.
Die an die Stimmlippen angelegte Spannung muss dabei möglichst k
stant und unabhängig von äusseren Einflüssen sein, sowie von Bew
gungen des Patienten. Ein Oszillator, der aus einem Gleichrichter
speist wird, liefert einen Wechselstrom hoher Frequenz und gross
Konstanz. An diesen Stromkreis ist induktiv ein zweiter gekoppelt
ihm liegen die beiden runden, etwa 2 cm grossen Elektroden, die
derseits dem Kehlkopf angelegt werden. Um einen Diathermieeffek
vermeiden, muss die Spannung zwischen den Elektroden sehr geri
sein, sie beträgt ungefähr 2 bis 4 Volt. Diese Grundspannung wird
die Kapazitätsänderung im Kehlkopf verhältnismässig wenig modul
andererseits unterliegt sie aber Schwankungen, die durch die wech
den Bedingungen des Versuches, oder durch Bewegungen der Vers
person zustandekommen.

ıs der phonatorischen Glottographie lassen sich solche störenden nflüsse durch eine verhältnismässig einfache Anordnung entfernen. eil die Spannungsänderungen sehr schnell ablaufen, genügt es, einen hen kapazitiven Widerstand in den Kathodenstromkreis einzubauen iehe Abbildung), parallel zu einem geeigneten Widerstand. ährend der im Vergleich dazu sehr langsamen Spannungsänderungen, e die respiratorischen Glottisbewegungen erzeugen, würde sich aber r Kondensator auf- und entladen und so den von aussen zugeführten, erwünschten Spannungsänderungen folgen. Durch ein ganzes System n Gleichrichterröhren und Widerständen grosser Trägheit, das er xcavateur de modulation" nennt, gelingt es FABRE, solche Einflüsse eitgehend herauszufiltern. Wir geben das Schaltbild des Glottogra- en wieder.

e geringen Modulationen der Spannung, die durch die Bewegungen r Stimmlippen zustandekommen, werden durch eine Triode, deren tterspannung etwas im Negativen liegt, so dass nur die interessan- n Spannungsspitzen in den Arbeitsbereich kommen, verstärkt. Die rstärkte Gleichspannung wird auf eine Ausgangshexode geleitet.

athodenstrahloszillograph

e aus der Ausgangshexode kommende elektromotorische Kraft wirkt er einen Kondensator hoher Kapazität auf einen Zweistrahloszillo- aphen, dessen Ablaufgeschwindigkeit stufenlos regulierbar ist.

nonographie

ABRE verglich die glottographisch erhaltenen Kurven mit gleichzei- g über den Oszillographen aufgezeichneten Schwingungen eines Kon- nsatormikrophons, das er 20 cm vor dem Mund aufstellte. Dieses ztere Verfahren wird als Phonographie bezeichnet.

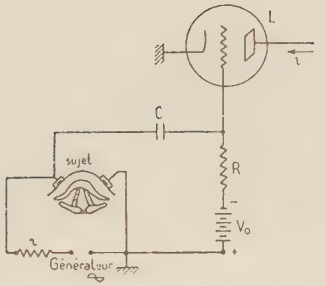


Fig. 4. — Montage permettant l'amplification élective des têtes modulées du courant glottographique selon le principe de la fig. 3, avec polarisation V_o fixe de la grille.

Fig. 5. — Montage donnant automatiquement à la grille de L la polarisation V_o convenable selon le principe de la fig. 3.

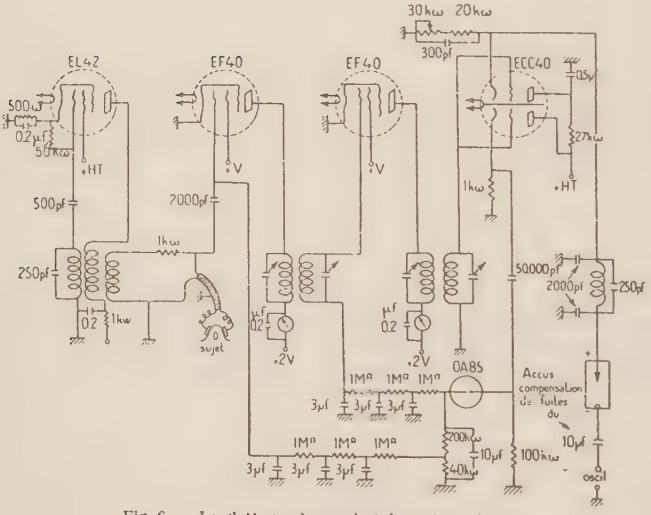


Fig. 6. — Le glottographe respiratoire automatique : schéma général.

Schemata der von Fabre verwandten Geräte (Schaltbilder)

VERSUCHSERGEBNISSE FABREs

ie ersten Veröffentlichungen FABREs beschreiben die Glottogramme
r Phonation im Brustregister bei verschiedener Lautstärke. Ein
ufsteigen der glottographischen Kurve zeigt ein Näherrücken der
immlippen an, ein Abfall ein Auseinanderweichen. Bei mittlerer
hallstärke erkennt man auf dem Glottogramm die Verschlussphase
r Stimmlippen an einem Plateau auf der Höhe der Kurve, das unge-
hr einem Drittel der gesamten glottischen Phase entspricht. Als
ottische Phase bezeichnet Fabre eine Schliessung und die darauffol-
nde Öffnung der Stimmritze, wie sie bei der Phonation sehr kurz hin-
reinander auftreten. Auf das Verschlussplateau folgt oft abrupt die Öff-
ng der Glottis. Der Oszillograph zeigt dies durch eine Linie, die na-
ezu senkrecht abfällt. Die vollkommene Öffnung dauert nur kurz und
scheint als kleine Rundung am Fusspunkt der Kurve. Die Verkleine-
ng der Glottisöffnung erfolgt dann in einer schräg ansteigenden Linie,
e sich oben zur Horizontalen des Glottisschlusses beugt. Mit anstei-
nder Intensität der Stimme wird dieses Plateau des Verschlusses zu-
hmend kleiner, in den höchsten Lautstärken der gesungenen Stimme
acht es schliesslich einem mehr oder weniger spitzen Gipfel Platz.
uf eine kurze Phase des Schlusses folgt eine abrupte Öffnung. An-
hliessend zeigt sich ein Verschliessen, das von der weitesten Öff-
ng gleichmässig fortschreitet. Entlang dieser ansteigenden Kurve
eht man manchmal eine, oder mehrere Wellen. Entsprechend dem
annungszustand der Stimmbänder treten physiologische Veränderun-
n dieser Kurven auf.

alsettstimme

ie Falsettstimme ist charakterisiert durch eine viel kleinere Ampli-
de. Die Glottogramme bestehen nur aus kleinen, gleichmässigen Wel-
nschwingungen. Für das Verschwinden des Verschlussplateaus wird
r unvollständige Verschluss der Glottis verantwortlich gemacht.

ie gesamte glottische Phase hat entsprechend der höheren Frequenz
r Schwingungen eine kürzere Dauer. Der Unterschied zwischen
hliessung und Öffnung gleicht sich aus.

espiratorische Glottographie

ie Aufzeichnungen der respiratorischen Glottographie bestätigen zu-
chst die klassischen Beobachtungen, wie man sie mit dem Kehlkopf-

spiegel machen kann. Ein Auseinanderrücken der Stimmbänder wä
der Inspiration, ein Näherkommen während der Exspiration. Die
ven der respiratorischen Glottographie verlaufen in Form von säg
förmigen Zacken zwischen einzelnen Gipfeln. Den Gipfel erreiche
Aufzeichnungen jeweils im Moment des grössten Luftstromes am E
der Einatmung, wenn der Thorax gerade für einen Augenblick in d
Ruhelage übergeht. Der tiefste Punkt der Kurve fällt zusammen m
dem Übergang des Thorax in die Atemruhelage am Ende der Exspi
tion.
Manchmal erscheint eine zusätzliche Schwingung der Stimmlippen
kleinerer Amplitude zwischen zwei normalen, die sich in gleichen
ständen wiederholt. Es handelt sich dabei um eine Art Extrasystol
der Glottis (FABRE).
Keine Ausschläge erhält man, wenn der Reflexbogen für die Beweg
gen der Stimmlippen unterbrochen ist, z. B. bei beiderseitiger Re
renslähmung. Kurven, die in ihrer zeitlichen Beziehung umgekehr
normal verlaufen, sieht man bei funktionellen Störungen der Zusar
menarbeit zwischen Atmungs- und Stimmuskulatur. Diese ist häuf
in Fällen psychischer Aphonie.

Inzwischen haben eine Anzahl weiterer Autoren vor allem in Frank
mit dem Gerät nach Fabre die Stimmlippenbewegungen erforscht.
CHEVRIE und MULLER, DECROIX und DUJARDINS, sowie GAUT
bei normalen Erwachsenen, GREMY und GUERIN bei stummen Kin
GREMY und STRIGLIONI wieder bei Erwachsenen und schliesslich
MICHEL C. bei funktionellen Störungen der Stimme.

3. GLOTTOGRAPH NACH LOEBELL UND BALK

Der Arzt LOEBELL und der Physiker BALK haben 1962 in Münch
ein Gerät konstruiert, das zwar auf dem Prinzip des Glottographe
nach FABRE aufbaut, aber einige wesentliche Verbesserungen auf

1. Die unmodulierte hochfrequente Ausgangsspannung wird von ei
   Gegentakt-Hartley-Oszillator geliefert.
2. Bei der zweiten Stufe des HF-Verstärkers, der die durch die
   tisbewegungen verursachten Modulationen der Spannung vergrö
   wird der Abstand zwischen Arbeitspunkt und Einsatzpunkt prop
   tional zur unmodulierten HF-Ausgangsspannung gemacht.
3. Nach der Gleichrichtung erfolgt die Trennung in tonfrequente u
   niederfrequente Modulationsanteile durch eine Frequenzweiche

voneinander getrennten Bestandteile werden gleichzeitig registriert.

ese Modifikationen des Gerätes von FABRE führen zu einer deutliche-
n Verstärkung der allein interessanten Frequenzspitzen. Wie wir
äter sehen werden, erweist sich die getrennte Registrierung von lang-
men und schnellen Anteilen als sehr fruchtbar für die Erforschung
r Stimmlippenbewegungen und die Diagnostik bei Stimmstörungen.

ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNGEN IN MÜNCHEN

der Abteilung für Stimm- und Sprachheilkunde der Universitätsklinik
r Hals-, Nasen-, Ohrenkrankheiten in München wurden in den letzten
chs Jahren nach eingehenden physiologischen Untersuchungen von
oebell und Mitarbeitern über 400 Patienten mit Stimmstörungen unter-
cht, um den Wert der Glottographie für die Klinik zu prüfen. Wir fas-
n die wichtigsten Ergebnisse kurz zusammen (nach LOEBELL):

ei den funktionell hyperkinetischen Stimmstörungen finden sich steil
steigende respiratorische Glottogramme. Die Zeit zwischen Einstel-
ngsbewegung und Stimmbeginn ist noch kürzer als bei harten Stimm-
nsätzen. Ein Plateau der Kurven unmittelbar vor der Phonation ent-
richt einem festen Glottisschluss. Der Übergang von der Öffnungs-
r Schliessungsbewegung wird oft durch einen pathologischen Knick
r Kurve dargestellt. Die phonatorische Glottographie zeigt einen nor-
alen, sinusähnlichen Schwingungsablauf.

agegen zeigen die funktionell hypokinetischen Stimmstörungen eine
itlich verlängerte Einstellungsbewegung zur Phonation. Die Stimm-
ppen nähern sich nur langsam und oft in zwei unterscheidbaren Pha-
n. Die optimale Annäherung wird oft erst während der Phonation er-
icht. In einigen Fällen ist als paradoxe Reaktion die Stimmgebung bei
ch noch weiter öffnenden Stimmlippen zu erkennen. Die phonatorische
ottographie lässt meist einen pathologischen Schwingungsablauf er-
nnen. Mehr oder weniger ausgeprägte Amplitudenschwankungen wei-
n auch die stroboskopisch negativen Fälle auf.

ei Stimmlippenlähmungen ähnelt das Bild der respiratorischen Glotto-
aphie den Befunden bei Hypokinesen. Die Kurven sind allgemein ab-
flacht und zeigen bedeutend verlängerte Einstellungsbewegungen zur
onation. Oft lassen sich zwei Schliessungsbewegungen voneinander
grenzen. Gelegentlich findet man vor Phonationsbeginn eine erneute

Widerstandszunahme. Dieses Verhalten erklärt sich aus einer ger
gen Seitwärtsbewegung der gelähmten und teilweise atrophischen S
lippen durch einen starken subglottischen Luftdruckanstieg. Das ph
torische Glottogramm zeigt bei normalen, weichen Einsätzen ein n
males periodisches Schwingungsverhalten. Nur wenn beim harten E
satz die eine gesunde Stimmlippe sich über die Mediane bewegt unc
die gelähmte anlegt, werden unregelmässige Schwingungen mit ver
serter Amplitude sichtbar. Das Glottogramm des gesprochenen Vo
A einer beiderseitigen Recurrensparese erweist ein normales Schw
gungsverhalten und ist ein weiterer Beweis gegen die neurochronax
sche Theorie HUSSONs.
Auch Internusparesen zeigen ein normales phonatorisches Schwingu
verhalten, so dass eine Differentialdiagnose der ovalären Verschlu
insuffizienz und eine Abgrenzung der funktionell-hypokinetischen St
störungen möglich wird.

In München wurde auch eine grössere Anzahl von Patienten mit Lar
tumoren untersucht. Eine Differentialdiagnose ist zwar mittels der
Glottographie bei Tumoren nicht möglich, dafür lässt sich aber mit
rer Hilfe die Schwingungsbehinderung der Stimmlippen schon sehr f
zeitig erkennen. Selbst laryngomikroskopisch kaum sichtbare Fälle
machen schon deutliche Veränderungen des Schwingungsbildes.
Die Glottographie eignet sich hervorragend zur Kontrolle bei operi
und bestrahlten Patienten, sowie bei Rezidivverdacht. Bei dem in M
chen angewandten Verfahren können die glottographischen Kurven s
wohl auf dem Leuchtschirm eines Oszillographen sichtbar gemacht
von diesem leicht abfotografiert, wie auch durch das mechanische S
system eines EEG-Direktschreibers auf Papier gezeichnet werden.
ist in allen Fällen ohne weiteres Bemühen eine exakte Dokumentati
erreichbar.

DIAPHANOGRAPHIE DES KEHLKOPFES

Glottographie stiess in der Fachwelt auch in den letzten Jahren noch eine weitverbreitete Skepsis. In München wurde sie in der Zwischen- an über vierhundert Versuchspersonen angewandt und zeigte deut- e und jederzeit reproduzierbare Charakteristika bei einzelnen Krank- sbildern. Wir untersuchten, um zu zeigen, dass in der Glottographie ächlich Bewegungen der Stimmlippen aufgezeichnet werden, diese egungen noch mittels einer zweiten Methode, die wir Diaphanogra- nennen. Wie wir sehen werden, liefert uns die Diaphanographie, ohl sie auf einer ganz anderen physikalischen Grundlage als die Glot- aphie arbeitet, doch recht ähnliche Kurven. Diese weitgehende Über- timmung der Aufzeichnungen, die wir auf ganz verschiedene Art er- ten, bestätigt uns, dass durch beide Methoden dieselben Phänomene, lich Stimmlippenbewegungen dargestellt werden.

ürlich können wir nicht erwarten, dass sich die Kurven in beiden en der Registrierung identisch sind. Da sie auf verschiedener Ba- arbeiten, wird jede von ihnen bestimmte Aspekte der Stimmlippen- egungen besonders gut darstellen und andere vereinfachen, oder lassen. Die dadurch bedingten Unterschiede der gleichzeitig geschrie- en Kurven ermöglichen uns differentialdiagnostische Erwägungen.

GESCHICHTE DER DIAPHANOGRAPHIE DES KEHLKOPFES

Diaphanographie des Kehlkopfes wurde in etwas anderer Form als uns schon von mehreren Autoren angewandt. Um sie durchzuführen s man den Kehlkopf von aussen her mit einer starken Lichtquelle chleuchten. Die Untersuchung von Körperteilen mittels Durchleuch- mit einer Lichtquelle bezeichnet man in der Medizin allgemein als hanoskopie. Die Diaphanoskopie wird vielfach angewandt, z.B. zur chleuchtung der Nasennebenhöhlen, oder in der Pädiatrie zur Dia- se einer Hydrozele Testis. Die Diaphanoskopie des Kehlkopfes ist ein sehr wesentlicher Teil der von uns als Diaphanographie be- hneten Untersuchungsmethode. Die oben erwähnten Autoren hielten en Teilaspekt für so bedeutend, dass sie die ganze Methode als hanoskopie bezeichnen und sie in einen historischen Zusammenhang den früher als Diaphanoskopie des Kehlkopfes bezeichneten Unter- uungsmethoden stellen. Wir geben deshalb im folgenden einen kur-

zen Überblick sowohl über die Geschichte der Diaphanoskopie, w
auch der Diaphanographie des Kehlkopfes.

Als Erfinder der Diaphanoskopie des Kehlkopfes kann CZERMAK
ten (PANCONCELLI-CALZIA). Er hofft mit dieser neuen Method
Mittel gefunden zu haben, um über die Dicke der Stimmbänder in
verschiedenen Registern Beobachtungen anstellen zu können. CZ
spricht von einer neuartigen physiologischen Untersuchungsart,
ausschliesslich für phonetische Zwecke benutzen will. Auch der
ger Arzt GERHARDT (1859), sowie STÖRK und TECHMER (1880
wenden die Diaphanoskopie, um die Dicke der Stimmbänder in de
schiedenen Registern an der Intensität des durchscheinenden Lic
feststellen zu können. Die Stimmlippen werden dabei im laryngos
schen Bild betrachtet. In gleicher Weise treten in unserem Jahrh
BARTH (1911) und SAMENGO (1926) für die Diaphanoskopie des K
fes ein. 1931 empfiehlt PANCONCELLI-CALZIA die Anwendung
kurz vorher entwickelten Gerätes zur Diaphanoskopie. PELLNIT
1954 auf dieselbe Methode hin, um Tumoren der Stimmbänder hi
lich ihrer Malignität zu diagnostizieren und um die Dicke von Ke
diaphragmen festzustellen.
WULLSTEIN schliesslich benutzt 1936 als erster eine Photozelle
bei der Diaphanoskopie durch die Glottis fallende Licht auf einem
zillographen aufzuzeichnen. Er macht seine Versuche an einigen
ausgeschnittenen Kalbs- und einigen Menschenkehlköpfen. Aufgez
net wurden die phonatorischen Kurven. An der Intensität des auc
die geschlossenen Stimmlippen fallenden Lichtes konnte er zeige
diese während der Phonation auch in der Phase des Verschlusses
auf das Niveau ihrer Ruhelage zurückkehren. Am Beginn der Sti
bung verschieben sich die Stimmlippen nicht nur horizontal, sond
auch vertikal nach oben. Gleichzeitig damit erfolgt eine Massenv
schiebung innerhalb der Stimmlippen zur Seite hin. Durch Bedec
der kopfwärts gerichteten Fläche der Stimmlippen konnten diese
suche noch erhärtet werden. Jahre später machten WULLSTEIN
HARTMANN noch einmal Versuche mit verbesserter Photozellen
thode, wobei sie zum erstenmal einen verzögerungsfrei arbeiten
Kathodenstrahloszillographen verwendeten. Die beschriebenen B
achtungen wurden dabei bestätigt, die von WULLSTEIN gebrauch
Lichtquellen waren so stark, dass sie auch bei fest geschlossene
tis durch die Stimmlippen schienen.

Im Jahre 1960 greift SONESSON im Prinzip die von WULLSTEIN
gebene Methode zur Messung der Stimmlippenschwingungen wied
Er verfeinert sie soweit, dass er sie auch an lebenden, gesunde
suchspersonen anwenden kann und somit weitgehend physiologisc

erhält. Wollte man die Glottis, wie es WULLSTEIN und andere bei
en Versuchen taten, direkt von unten durchleuchten, so müsste man
erhalb der Stimmritze, etwa am conus elasticus, oder in die Tra-
a mit einer Lichtquelle eingehen. Um diese für den Patienten recht
ebliche Belästigung zu vermeiden, setzt SONESSON in der Fossa
ularis eine starke Lichtquelle auf die Haut des Halses, deren Licht
lie Trachea durchscheint. Um eine Verbrennung der Haut zu ver-
iern, steckt er der verwendeten Mikroskoplampe ein kurzes Rohr
und leitet das Licht über eine Sammellinse und ein hitzeabsorbie-
des Filter auf die Haut.
s durch die Stimmritze fallende Licht wird von einer Photozelle,
an die Hinterwand der Epiglottis gelehnt ist, in elektrische Impul-
verwandelt und diese werden nach entsprechender Verstärkung auf
en Kathodenstrahloszillographen übertragen. Zur Dokumentation
den die Kurven auf einem Film festgehalten.
NESSON kann nur die schnellen, phonatorischen Bewegungen der
nmlippen aufzeichnen und auswerten. Er setzt die Dauer des sich
nens und Schliessens der Glottis, sowie die Zeit des festen Ver-
lusses und des Klaffens der Stimmbänder zueinander in Beziehung.
Relationen der genannten Teilbewegungen ändern sich mit der Laut-
rke und der Höhe der Stimme.
München macht im Jahre 1967 H. BÜRGER Aufzeichnungen der Stimm-
benbewegungen sowohl mittels der Glottographie, wie auch der Dia-
nographie. Er macht seine Versuche sowohl an lebenden Personen,
auch an einigen herausgeschnittenen Kehlköpfen. Für die Diapha-
raphie verwendet er im wesentlichen die Versuchsanordnung WULL-
EINs und SONESSONs, nur seine Photozelle unterscheidet sich.
ich uns, mittels LOEBELLs Methodik, kann er die schnellen und
gsamen Bewegungen getrennt darstellen. Da er die Diaphanographie
an einigen gesunden Versuchspersonen durchführt, macht er nur
gende Aussagen über dieses Verfahren:
Der Anstieg des Glottogrammes beginnt knapp vor dem des Diapha-
nogrammes.
Das Maximum der Lichtkurve ist kurz vor dem des Glottogrammes
erreicht. Diese beiden Tatsachen erklären sich aus dem Umbau
der Stimmlippen, der äusserlich noch nicht zu erkennen ist.

wir noch sehen werden, können wir diese Behauptungen durch un-
e Untersuchungen stützen. Sie treffen allerdings nicht immer zu bei
nmstörungen.

MATERIAL UND METHODIK EIGENER UNTERSUCHUNGEN

1. UNTERSUCHUNGSGERÄTE

Für unsere glottographischen Untersuchungen benutzen wir den b
eingehend beschriebenen Glottographen nach LOEBELL und BAL
zeichnet werden die Kurven in derselben Weise wie in der anschl
dargestellten Diaphanographie.

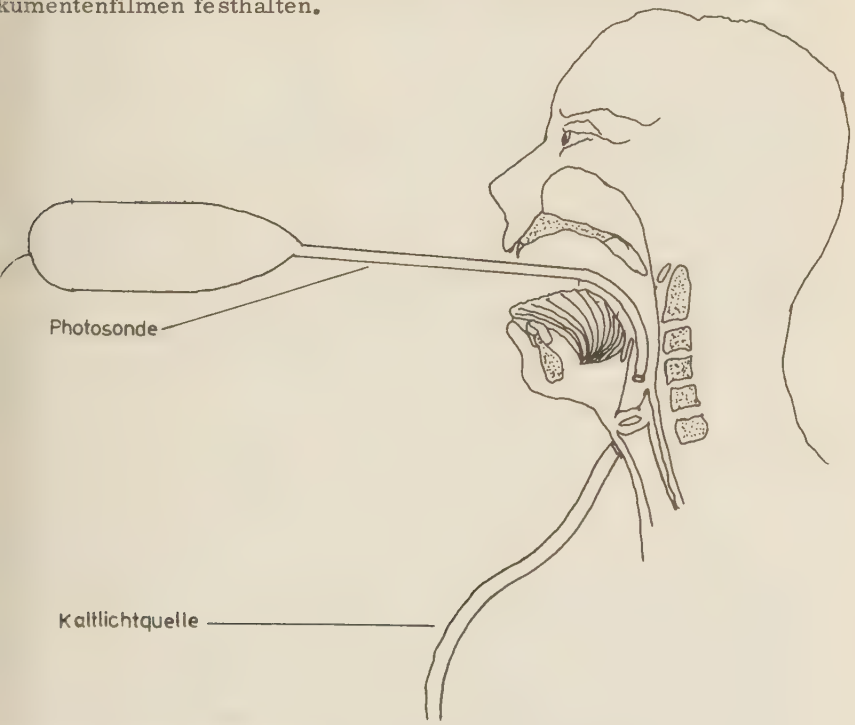
Diaphanographie

Wir durchleuchten den Kehlkopf von aussen mit dem Lichtprojekt
4000 der Firma Richard Wolf Knittlingen.
In diesem Gerät wird von einer Quecksilberdampflampe Licht vo
nähernd 3000 Grad Kelvin und hoher Intensität erzeugt. In unmitt
rer Nähe der Lampe wird das abgestrahlte Licht vom freien End
Glasfiberstabes im flexiblen Metallrohr aufgenommen und wird i
sem mit fast unverminderter Stärke bis zu seinem anderen Ende
leitet. Dieser Stab dient uns als Kaltlichtquelle, die wir ohne Be
tungen vor etwaigen Verbrennungen auf den Hals der Versuchspe
aufsetzen können, um den Kehlkopf zu durchleuchten.
Das durch die von unten durchleuchtete Glottis fallende Licht wir
von einer möglichst dicht über sie gehaltenen Fotozelle aufgefang
und über Schreibsysteme, sowie fotografisch registriert. Zum U
setzen der Lichtänderungen in elektrische Impulse verwenden wi
Silizium Fotoelement mit Sperrverhalten im Miniatur-Glasgehäus
BPY 44 der Firma Schwarzer in München. Diese Fotozelle zeich
sich unter anderem durch ihre hohe Ansprechempfindlichkeit und
kleinen Abmessungen aus. Die Elemente sind für unseren Zweck
einen Metallträger mit einer Bohrung von nur 2,2 mm Durchme
montiert. Um ein Einführen der Sonde bis über den Larynx zu er
lichen, muss das Metallgehäuse die für Kehlkopfinstrumente übli
Krümmung aufweisen. Der Durchmesser der lichtempfindlichen
che der Fotozelle beträgt 0,8 mm.

AUFZEICHNUNG DER GLOTTISSCHWINGUNGEN

von unseren Instrumenten aufgenommenen Äquivalente der Glottis-
wingungen können wir auf verschiedenen Wegen graphisch darstel-
.

hältnismässig billig und doch recht zuverlässig ist die Papierauf-
chnung eines EEG-Direktschreibers der Firma Schwarzer. Dane-
können wir die Kurven auch auf dem Knott-Grossbildoszilloskop:
SGM 43 BN 100 FNr:0151 darstellen.
Dokumentation der auf dem Grossbildsichtgerät aufleuchtenden
rven benutzen wir eine Linhof-Cine-Rollex, die fest auf einem licht-
ht verschlossenen Metallkasten montiert ist. Als Negativmaterial
nen uns Ilford-Spezialfilme von 27 DIN. Auch die auf Papier ge-
chneten Kurven eignen sich sehr gut zur Dokumentation. Wir konn-
sie ohne Einbusse an Schärfe auf sehr feinkörnigen Spezial-Agepe-
kumentenfilmen festhalten.



hema der Diaphanographie

3. VERSUCHSANORDNUNG

Die Versuchsperson sitzt so bequem wie möglich und entspannt au
einem Untersuchungsstuhl. Der Kopf ist leicht nach hinten geneig
wird von einer Kopfstütze zwanglos in seiner Lage gehalten. Dies
nötig, um einerseits Verzerrungen der glottographischen Kurven
Bewegungen des Halses, oder krampfhaftes Anspannen der Halsm
latur zu vermeiden, andererseits, um die Versuchsperson in eine
ge zu bringen, die das Einführen der Photosonde ermöglicht.
Die beiden Elektroden des Glottographen werden mit Kontaktpaste
strichen und locker, aber so, dass sie auf der ganzen Fläche gute
takt haben, beiderseits in Höhe der Platten des Schildknorpels, a
den Hals gelegt und mit einem Gummiband befestigt. Bei falschem
der Elektroden weichen die Kurven in Aussehen und Amplitude sta
von ihrer normalen Form ab. Eine dritte, etwa vier Quadratzenti
ter grosse Elektrode am rechten Unterarm des Probanden dient d
Erdung.
Jetzt fordern wir den Patienten auf, den Mund zu öffnen und ruhig
atmen. Zur Schleimhautanästhesie besprühen wir die Wände des P
rynx bis möglichst weit hinunter in den Larynx mit einem 2 %ige
docain- bzw. Xylocainspray. In den meisten Fällen gelingt es den
ge- bzw. Hustenreflex dadurch soweit herabzumindern, dass ein
sichtiges Einführen der Photosonde in den supraglottischen Raum
ein zartes Hantieren damit möglich wird. Bei anderen Personen v
aber entweder die Schleimhaut so empfindlich, oder die Reaktione
waren so stark psychisch bedingt, dass ein ausreichendes Einführ
und Belassen der Sonde über der Glottis unmöglich war.
Die Zeit bis zum Wirkungseintritt des Lokalanästhetikums nützen
aus, um den als Kaltlichtquelle benutzten Glasfiberstab in die rich
Position am Halse zu bringen. Die günstigste Stelle zur Durchleu
tung des Larynx ist dabei individuell verschieden. Meist ist es an
sten, den Stab mit mässigem Druck zwischen Ringknorpel und ers
Trachealknorpel einzuschieben, oft aber erreicht man mehr, wen
man zwischen Schild und Ringknorpel auf das ligamentum conicum
Die Lichtstärke variieren wir je nach der Stärke des Widerschein
des durch die Glottis fallenden Lichtes an den seitlichen und ober
Wänden des Pharynx. Manchmal wird das durch die rima glottidis
lende Licht erst sichtbar im Rachenraum, nachdem man die Zung
nach vorne unten gezogen hat.
Viele unserer Versuchspersonen waren zu nervös, um während d
Untersuchung den Kopf ruhig zu halten. Dies führte dann häufig zu
einem Kontakt der Photosonde mit tiefen, besonders empfindliche
Stellen der Schleimhaut des Rachens und Kehlkopfes. Starkes Wü
und Husten zwangen uns dann die Sonde herauszunehmen und von n
zu beginnen. Durch die Aufforderung, den Kopf leicht, aber bewu

ütze zu pressen, und tief zu atmen, konnte diese Nervosität oft überwunden werden. Die für die richtige Stellung der Photoelek- nicht vermeidbare leichte Retroflexio des Kopfes in Verbindung er oft verkrampften Haltung der Patienten hatte häufig eine leich- rzerrung der respiratorischen Glottographie zur Folge.
ichtige Lage der Photosonde erkennt man am besten an der weit- den Übereinstimmung der glottographischen und diaphanographischen ichnungen. Oft bringt man die Sonde nur dadurch an die richtige , dass man sich mit ihr vorsichtig über die Epiglottis hinwegta- über deren Spitze nach unten geht und sie dann etwas nach vorne . Häufig genügt es aber für eine ausreichende Öffnung des Aditus gis den Patienten selbst die Zunge nach vorne unten ziehen zu las-

all diese Bedingungen erfüllt sind, wird der Proband aufgefordert, zu atmen, zu hecheln, oder ein deutliches "a" zu phonieren. Für e Vokale ist es uns leider nicht möglich gewesen, brauchbare en zu erhalten. Ebenso verschwanden die phonatorischen Ausschlä- ist fast völlig, wenn wir den Patienten aufforderten, in Fistelstim- u sprechen.
den EEG-Schreiber werden die Schwingungen der Stimmlippen auf r gezeichnet. Auch die auf dem Leuchtschirm des Kathodenstrahl- lographen erscheinenden Kurven halten wir des öfteren photogra- h fest.
nzelnen haben wir uns bemüht, bei unseren Versuchspersonen fol- Phänomene darzustellen:
ation des Vokales "a" in normaler Sprechstimmlage bei normalem meinsatz, sowie bei hartem und betont weichem Einsatz. Ferner en wir die ruhige Atmung, sowie das Hecheln dar. Husten und Wür- allen bei vielen Versuchen sozusagen als interessante Nebenpro- an.

ERSUCHSPERSONEN

samt untersuchten wir in unserem Programm mehr als dreissig onen. Leider konnten wir teils wegen des oben erwähnten starken e- oder Hustenreizes, teils wegen technischer Mängel, nur bei et- r Hälfte aller Probanden brauchbare Ergebnisse erzielen. Wenn Anzahl auch zu gering ist, um statistisch gültige Aussagen ma- zu können, so reicht sie nach unserer Meinung doch durchaus, um weitere Bestätigung der Zuverlässigkeit glottographischer Ergeb-

nisse durch eine physikalisch völlig andere und unabhängige Me
zu sein. In Verbindung mit den Aussagen anderer Arbeiten, auf
wir gegebenenfalls hinweisen werden, trägt sie aber auch zu ei
seren Diagnostik der Stimmlippenbewegungen bei Gesunden und
einigen Krankheiten bei. Im folgenden zeigen wir eine Liste der
nen, von denen wir brauchbare und gute Ergebnisse vorweisen

Name		Beruf	geboren	Diagnos
Börner G.	♂	stud. med.	12.10.43	gesunde VP
Huber E.	♂	stud. med.	17. 2.43	gesunde VP
Kühnel L.	♀	stud. med.	8. 3.43	gesunde VP
Lohmöller G.	♂	stud. med.	3. 8.41	gesunde VP
Mauritz K.	♂	stud. med.	16. 9.43	gesunde VP
Reichhart W.	♂	stud. med.		gesunde VP
Stützer P.	♂	stud. ing.	3.12.42	gesunde VP
Holzmayer J.	♂	Schüler	21. 5.52	Mutation
Meier M.	♂	Schüler	15. 2.54	Mutation
Herrmann E.	♀	technische Zeichnerin	31. 5.25	Hypokinese, perverse Mu
Jahnke K.	♂	Oberlehrer	20. 8.13	funktionelle kinese
Börner G.	♂	stud. med.	12.10.43	Hypokinese Laryngitis
Mayer A.	♂	Arbeiter	15. 2.46	Hypokinese
Penzkofer A.	♂	stud. phys.	19.10.41	Hypokinese, perverse Mu
Pfänder W.	♀	Verkäuferin	12. 6.42	Internuspar ovaläre Ver insuffizienz
Symank L.	♂	Oberschüler	14.10.50	verzögerte tion
Veit J.	♂	Kaufmann	20. 6.14	Verschlussi zienz des A
Wensky A.	♂	Restaurator	20. 8.34	Hypokinese
Rieger G.	♀	Sekretärin	14. 6.40	Hypokinese

. ZUR LEGENDE UNSERER KURVEN

Bevor wir auf die genauere Deutung der von uns erhaltenen Aufzeichnungen eingehen werden, geben wir noch einige Hinweise zum besseren Verständnis der gezeigten Bilder und Tafeln.

Die Reihenfolge der einzelnen glottographischen bzw. diaphanographischen Kurven behielten wir in allen unseren Versuchen bei. Dagegen war es aus technischen Gesichtspunkten manchmal nötig, für die einelnen Aufzeichnungen auf dem EEG-Direktschreiber einen Kanal höher oder tiefer zu gehen. Die oberste Spur auf den Blättern dient stets der Zeitschreibung in Sekunden. Darunter kommen die von uns registrierten Phänomene in nachstehender Reihenfolge:

. phonatorisches Diaphanogramm, manchmal einen, oder zwei Kanäle tiefer mit anderer Verstärkung nochmal geschrieben.
. phonatorisches Glottogramm
. respiratorisches Glottogramm
. respiratorisches Diaphanogramm, das wir manchmal ebenfalls zweimal registrierten.

Zur Ableitung der durch die Stimmlippen modulierten Ströme war der Glottograph so gepolt, dass eine Annäherung der Stimmlippen, entsprechend einem sich vermindernden kapazitiven Widerstand, einen Ausschlag nach oben ergab. Die Polung der Diaphanographie bleibt nicht in allen unseren Versuchen gleich. Eine abnehmende Lichtintensität beim Schliessen der Glottis kann sich also sowohl in einem Anstieg, wie auch in einem Abfall der Diaphanographie ausdrücken. Wir werden bei der Beschreibung der entsprechenden Kurven immer auf die Art der Polung hinweisen. Einen wesentlichen Vorteil der einen oder anderen Art der Polung konnten wir beim Vergleich der respiratorischen Kurven nicht feststellen. Die verschiedenen Ableitungen kennzeichnen wir auf unseren Bildern durch folgende Abkürzungen:

ph. D.	=	phonatorisches Diaphanogramm
ph. Gl.	=	phonatorisches Glottogramm
r. Gl.	=	respiratorisches Glottogramm
r. D.	=	respiratorisches Diaphanogramm

Die Auswertung der Kurven erfolgt qualitativ. Um aber unsere Aussagen untermauern zu können, erscheint es uns sehr nützlich, die zeitlichen Beziehungen zwischen respiratorischen und phonatorischen Ausschlägen einerseits, sowie glottographischen und diaphanographischen andererseits, genauer festzustellen.

Die Amplitude der Schwingungen nimmt mit steigender Frequenz ab, während sie mit wachsender Lautstärke zunimmt. In den respiratorischen Zeichnungen hängt die Höhe der Ausschläge auch von der Grösse

des Larynx und der Stimmlippen ab. Ein dünner Weichteilmantel üb
dem Schildknorpel lässt die Ausschläge anwachsen. Natürlich lässt
sich die Amplitude auch durch die Verstärkung der elektrischen Im
se im Gerät beeinflussen.

VI. BESCHREIBUNG UND ERKLÄRUNG DER VERSUCHSERGEBNISSE

A. KURVEN BEI GESUNDEN VERSUCHSPERSONEN

Wir beginnen die Beschreibung und Deutung der von uns aufgezeichn
ten glottographischen und diaphanographischen Phänomene der Stim
lippenschwingungen an Hand von Kurvenbildern, die wir von gesund
Versuchspersonen erhielten.
Die bei der Phonation auftretenden Bewegungen der Larynxmuskulat
unterliegen, wie wir sehen werden, auch bei gesunden Personen, e
heblichen individuellen Schwankungen. Sogar bei derselben Person
die einzelnen Schwingungsabläufe einander nicht identisch und werd
auch durch die jeweiligen Versuchsbedingungen, z.B. verkrampfte
Haltung, oder nicht idealen Sitz der Elektroden, beeinflusst. Denno
zeigen aber die Bilder bei allen Probanden so prägnante und jederz
reproduzierbare Charakteristika, dass man aus ihrem Verlauf ohne
weiteres einen gesunden, oder krankhaft veränderten Schwingungsa
lauf, sowie verschiedene Arten des Stimmeinsatzes, oder sonstige
den Versuchen geprüfte Phänomene erkennen kann.

1. Normaler Stimmeinsatz

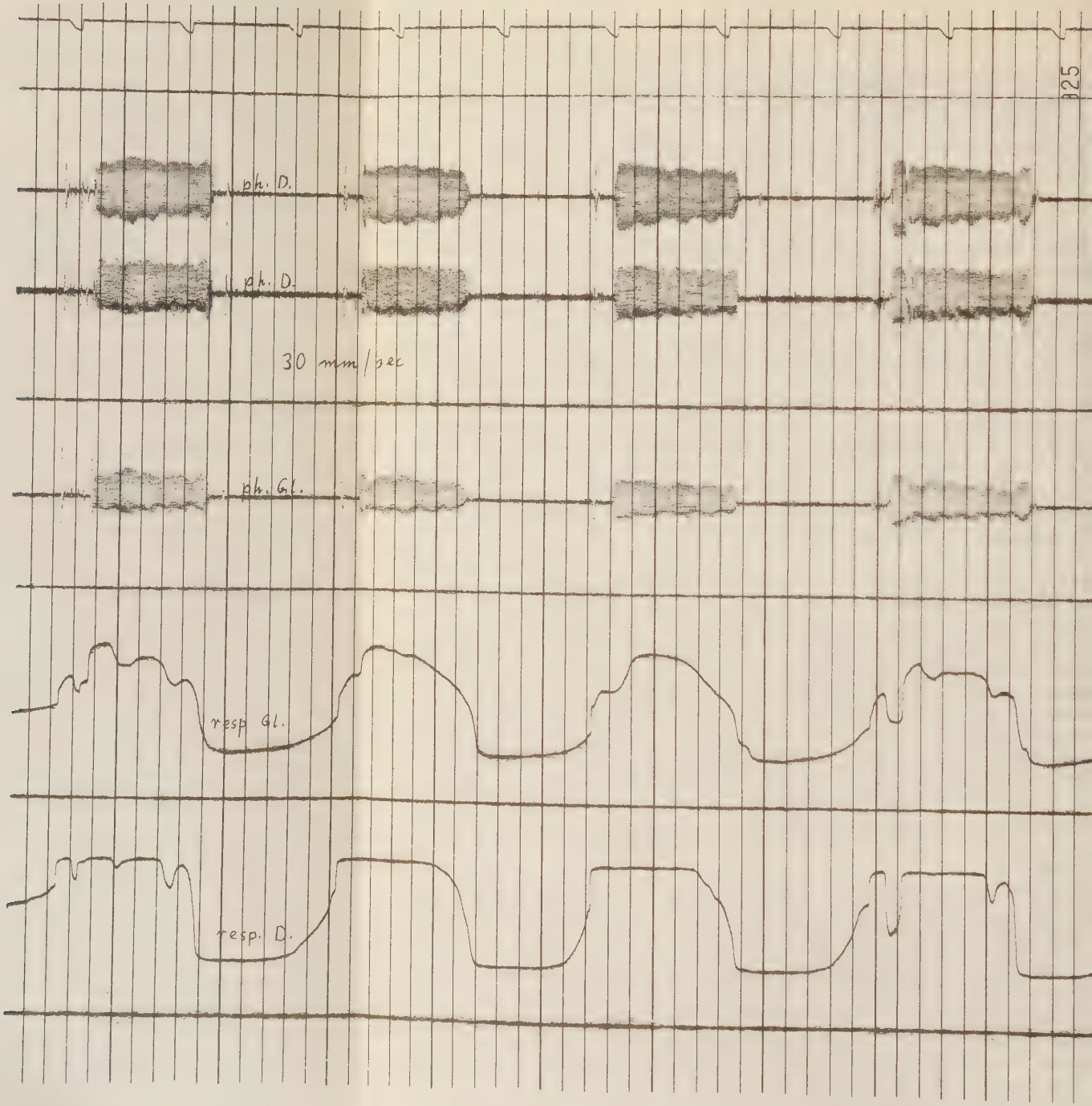
Wie wir durch Spiegeluntersuchungen des Kehlkopfes wissen, stehe
die Stimmbänder am Ende der Inspiraton in weitestem Abstand von
ander. Da dies einer maximalen Erhöhung des kapazitativen Wider
standes der Glottographie entspricht, befinden sich die respiratori
schen Kurven in diesem Moment an ihrem Tiefpunkt. Dieser ersch
uns am geeignetsten als Ausgangsort für die Beschreibung der erha

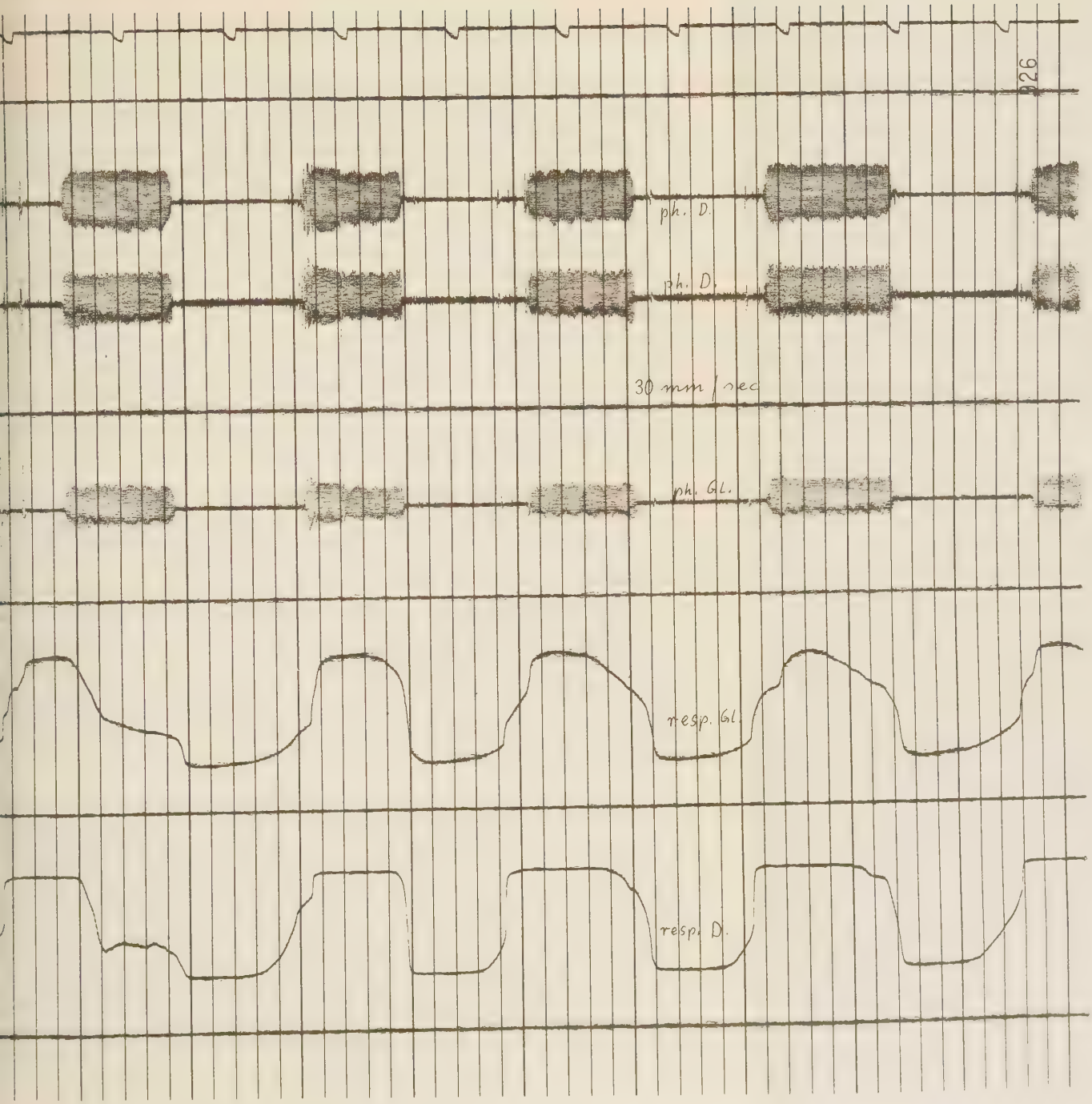
tenen Kurven. Alle Erscheinungen, die zwischen zwei solchen Punkten auftreten, bezeichnen wir als Phonationsablauf.
Im nebenstehend gezeigten Versuch intonierte der Proband jeweils laut und deutlich ein "a" in Bruststimme mit für ihn normalem Einsatz der Stimme. Ein Phonationsablauf dauerte dabei etwa 2,4 bis 2,6 Sekunden.

Zunächst ergibt sich ein langsamer Anstieg der respiratorischen Glottographie, der wohl einem Näherrücken der Stimmlippen entspricht. Dieser dauert ungefähr 0,8 bis 1 sec. Dann wendet sich die Kurve zu einem zunächst mässigen, dann aber rasch immer steiler werdenden, im letzten Teil fast senkrechten Anstieg. Die gesamte Zeit der Schliessung dauert demnach 1,2 bis 1,4 sec. Wie wir sehen, verläuft aber die Spur nicht gleichmässig, sondern erhebt sich in Form einzelner Wellen, manchmal, wie FABRE sagt, sägezahnartig. Diese Wellen sind des öfteren von so beträchtlicher Grösse, dass sie ein Drittel der gesamten Amplitude der respiratorischen Ausschläge erreichen. Auf dem Gipfel angekommen, beugt sich die Kurve zu einer kleinen Kuppel von 0,4 bis 0,6 sec. Dauer. Oft ist allerdings auch diese Kuppel hinter einem welligen, unregelmässigen Verlauf verborgen. Darauf beginnt sich das Glottogramm zunächst für ungefähr 0,4 sec. mässig, dann wieder steiler zum Ausgangspunkt der weitesten Glottisöffnung zu senken. Es beginnt ein neuer Ablauf.

Das respiratorische Diaphanogramm scheint uns auf den ersten Blick fast die selben Bilder zu zeigen. Bei genauerem Hinsehen erkennen wir aber doch recht deutliche Unterschiede. Der Tiefpunkt der Kurven liegt in der Diaphanographie durchschnittlich 0,2 sec. früher. Den folgenden leichten Anstieg der Kurve, den wir oben beobachten konnten, sehen wir hier fast nicht, sondern sie verläuft für etwa 0,8 Sekunden praktisch waagrecht vom Punkt der inspiratorischen Öffnung der Glottis. Dann allerdings wendet sie sich viel steiler als in der Glottographie nach oben und erreicht den höchsten Punkt nach 0,2 bis 0,4 sec. Nach diesem konkaven, im letzten Teil fast senkrechten Anstieg geht sie plötzlich mit scharfem Knick in die waagrechte des Glottisschlusses über, der 0,8 bis eine Sekunde dauert. Die Waagrechte beginnt zu einem Zeitpunkt, in dem die Glottographie ihren Anstieg noch nicht beendet hat.
Aus dieser Horizontalen heraus senkt sich die Kurve wieder deutlich schneller, als in der Glottographie und erreicht den Tiefpunkt der Glottisöffnung meistens eher.

Das respiratorische Glottogramm steigt meistens in Form mehrerer kleiner Wellen zum Glottisschluss an und fällt ebenso wieder ab. Für die Diaphanographie trifft diese Behauptung in viel beschränkterem Ausmass zu. Meistens sind die Aufzeichnungen recht glatt, oft zeigen sie da, wo die Glottographie recht deutliche Wellen aufweist, nur kleine Knotungen. Bei grossen Änderungen des kapazitiven Widerstandes in der Glottographie erscheinen allerdings auch in der Diaphanographie


ph. D.
ph. D.
30 mm/sec
ph. Gl.
resp. Gl.
resp. D.

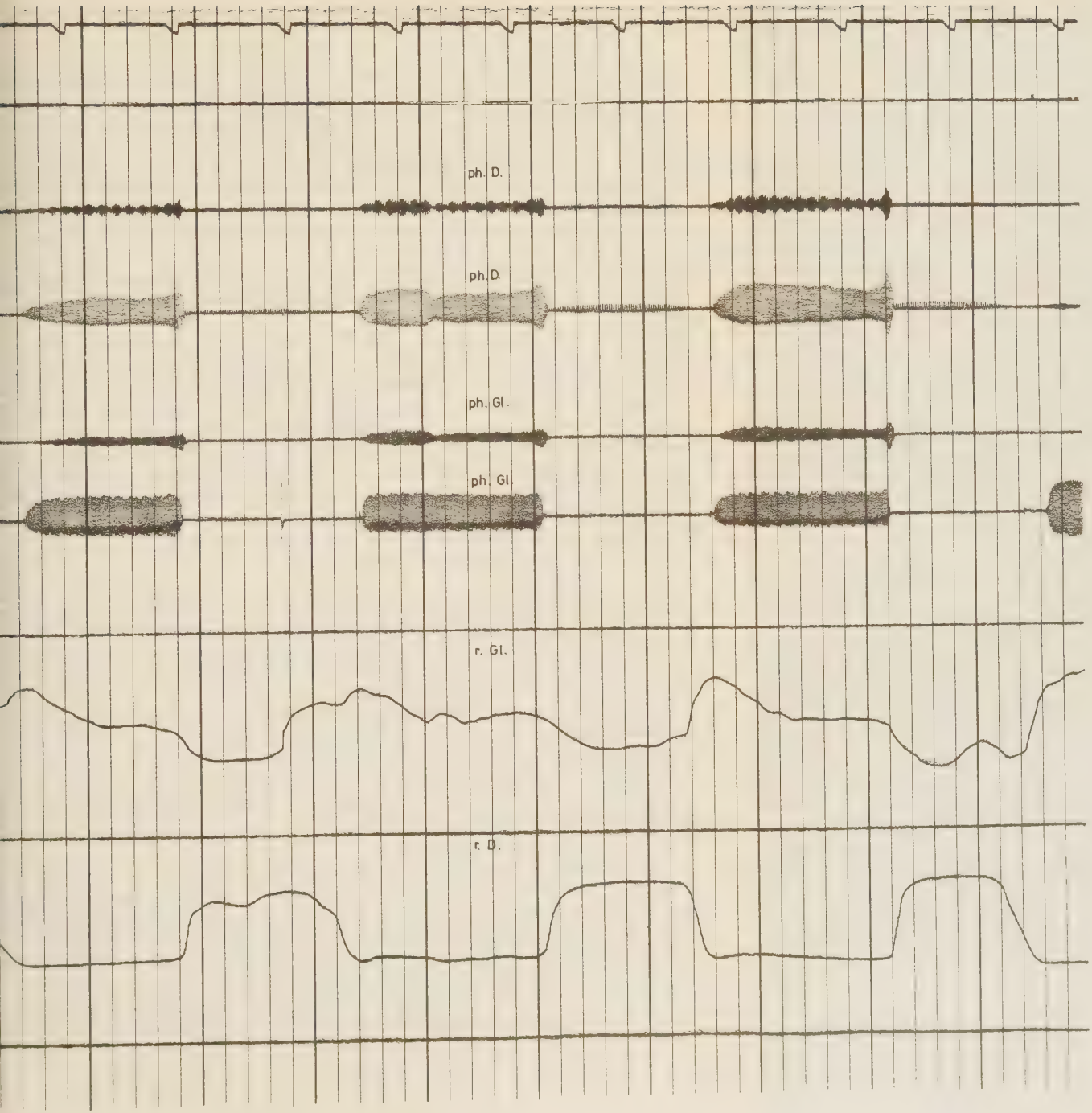

926
ph. D.
ph. D.
30 mm / sec
ph. GL.
resp. GL.
resp. D.

a. Erklärung der Unterschiede zwischen respiratorischer Glottographie und Diaphanographie

Der waagrechte Verlauf der Diaphanographie vom Ende der Inspiratio bis zu einer gewissen Zeit während des glottographischen Anstieges b sagt nicht, dass während dieser Zeit die Glottis maximal geöffnet ist. Da der Durchmesser der Photoelektrode nur knapp einen mm beträgt, die Glottis aber sich bei entsprechend grossem Larynx viel weiter öff nen kann, trifft solange Licht in voller Intensität auf die Photozelle, bis die Öffnung der Stimmritze tatsächlich kleiner wird, als der Durc messer der Sonde. Voraussetzung ist natürlich, dass man die Sonde genau über die rima glottidis hält.
Der regelmässigere Verlauf der Diaphanographie im auf- oder absteigenden Schenkel der Kurven kann nicht aus diesen Überlegungen erklä werden. Vielmehr muss man hier annehmen, dass es sich um Widerstandsänderungen in der Glottographie handelt, die sich nicht in einem Näherrücken oder Auseinandergehen der freien Ränder der Stimmlipp äussern. Dabei würde ja auch die Lichtstärke verändert.

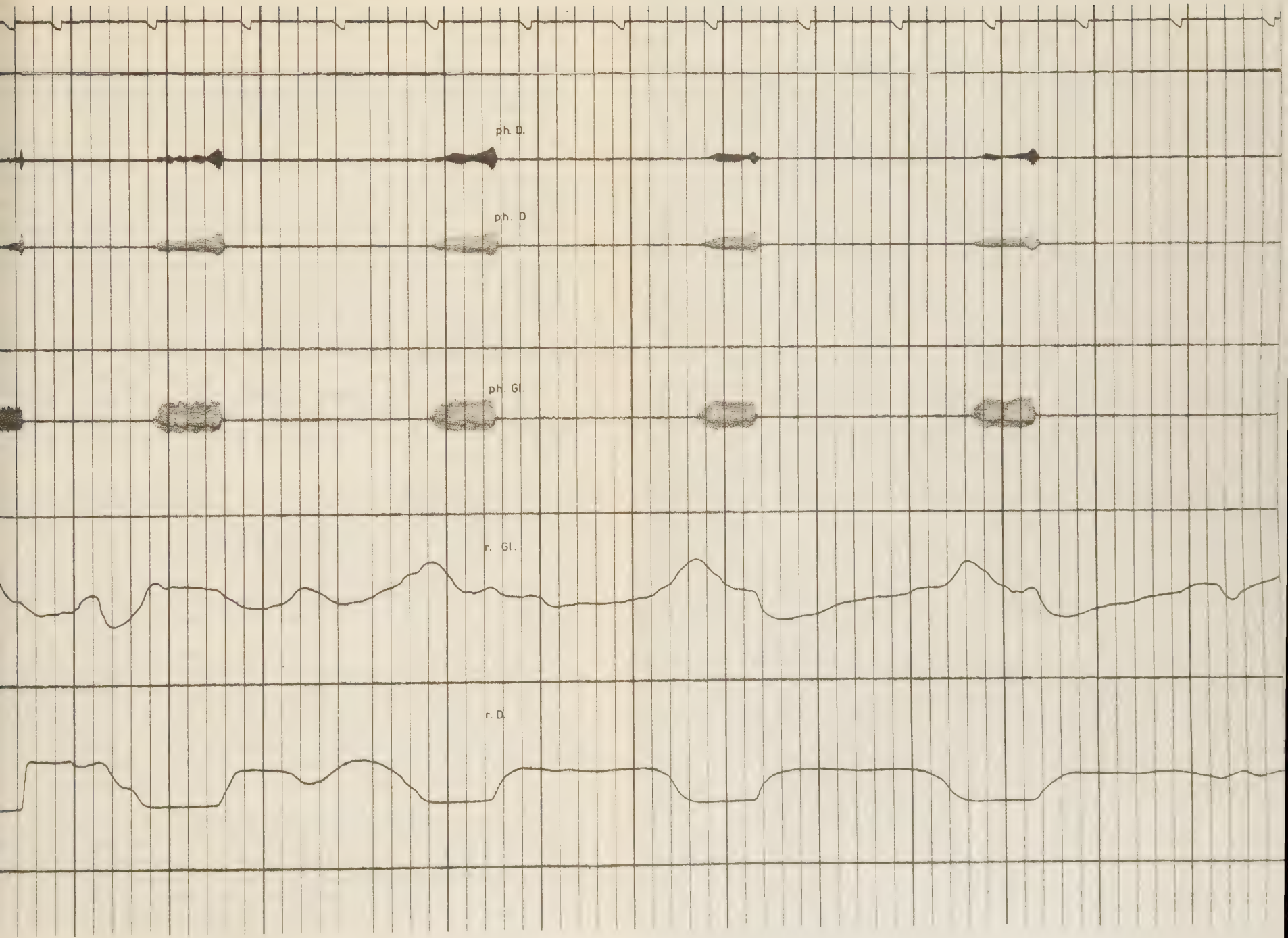
Nach unserer Meinung handelt es sich dabei um innere Umlagerungen der Stimmlippen, die zwar den kapazitiven Widerstand ändern, sich aber nicht in einem Näherrücken der Stimmbänder ausdrücken. In Übereinstimmung damit zeigen sich bei allen grösseren Wellen in der Glottographie, bei denen sich aller Wahrscheinlichkeit nach die Weite der Stimmritze doch ändern muss, auch mehr, oder weniger grosse Ausschläge im Diaphanogramm. Wie wir noch sehen werden, ist in manchen Fällen die Änderung der Lichtstärke sogar grösser als die des kapazitiven Widerstandes (S. 47).
Eine geringere Empfindlichkeit der Diaphanographie kommt schon des halb nicht in Frage, weil bei ungenauem Arbeiten der Frequenzweiche oft sogar die viel schnelleren und kleineren phonatorischen Schwingun gen durchschlagen.

Wie wir sehen werden (S. 43), verläuft die diaphanographische Kurve auch auf der Höhe des Stimmlippenschlusses fast waagrecht, während die glott graphische Kurve weiter ansteigt, eine Kuppel bildet und dann eher wieder abfällt. Diese Tatsachen liessen sich am einfachsten dadurch erklären, dass der Zeiger des Schreibgerätes bei genügend hoher Verstärkung aus dem Messbereich wandert, bevor die rima glottidis lichtdicht verschloss ist. Tatsächlich erreicht die Ausschlagshöhe der gezeigten respiratorischen Diaphanogramme die Grenzen des Messbereiches auf dem Direktschreiber. Wie wir auf der folgenden Abbildung aber sehen wer den, treffen unsere Aussagen mit kleinen Einschränkungen auch dann zu, wenn die Höhe der diaphanographischen Aufzeichnungen sicher im Schreibbereich bleibt. Sowohl nach oben wie nach unten bleiben darau


ph. D.
ph. D.
ph. Gl.
ph. Gl.
r. Gl.
r. D.

wie wir durch genaues Ausmessen feststellten, die Ausschläge des re spiratorischen Diaphanogrammes um mehrere mm von der Grenze de Messbereiches entfernt. Trotzdem verläuft die hier gegensätzlich ge- polte Diaphanographie, nachdem sie ihren tiefsten Punkt erreicht hat, in einer nur ganz leicht ansteigenden Geraden, während die Glottogra- phie deutlich weiter ansteigt, eine Kuppel bildet und dann in einen mäs sigen Abstieg übergeht. Erst ganz kurz bevor sich das Glottogramm z steilen Abstieg wendet (0,1 sec.), steigt das Diaphanogramm wieder steil an.
Auch die genannten Unterschiede im Kurvenverlauf lassen sich aus ein kurzen Überlegung der technischen Grundlagen unserer Versuche er- klären.
Wie schon ausgeführt, entspricht ein Ansteigen der respiratorisch glo tographischen Kurve einem Näherrücken der Stimmlippen. Es kann abe von der Höhe der Aufzeichnungen in einem bestimmten Augenblick nich auf den genauen Stand der Annäherung der freien Ränder der Stimmlip- pen geschlossen werden. Ja, auch der vollkommene Verschluss der ri ma glottidis ist aus dem Glottogramm nicht mit Sicherheit abzulesen, da sich die Lippen im Folgenden noch in grösserer Breite aneinander- legen können und so die Kurve weiter ansteigt. Ebensowenig ist es mög lich, ein Öffnen der Glottis aus dem Glottogramm direkt zu erkennen. Allerdings geben uns hierfür, wie wir noch sehen werden, besondere Anzeichen in der Kurve doch Hinweise.

Wenn auch die Höhe der diaphanographischen Aufzeichnungen keine Mes sungen des augenblicklichen Abstandes der Stimmbänder erlaubt, da die Amplitude grossen individuellen Schwankungen und der Verstärkung im Schreiber unterliegt, lassen sich aus ihrem Stande doch wenigstens bestimmte Stellungen genau ablesen.
So entspricht der kurze Übergang in die Horizontale des Glottisschlus- ses dem Moment, in dem sich die Stimmlippen in ihren medialen Tei- len aneinanderlegen und der Lichtfluss durch die Stimmritze unterbro- chen wird. Dass schon eine relativ dünne Schicht genügt, um den Licht strom zu unterbinden, beweist einmal der recht plötzliche Übergang in die Horizontale, zum anderen auch der noch verhältnismässig hohe wei tere Anstieg im Glottogramm.
Aus dem Gesagten wird uns ohne weiteres klar, dass wir die für das Glottogramm typische Kuppel nicht im Diaphanogramm sehen können und dass der Abstieg im Glottogramm früher beginnen muss. Nicht im- mer, aber doch relativ häufig, lässt sich das Öffnen der Stimmritze, das im Diaphanogramm ohne Schwierigkeiten am Beginn des Entfernens von der Horizontalen des Glottisschlusses zu erkennen ist, auch im Glottogramm ablesen. Vergleicht man nämlich beide Kurven genauer miteinander, so sieht man, dass die Glottographie aus einem relativ

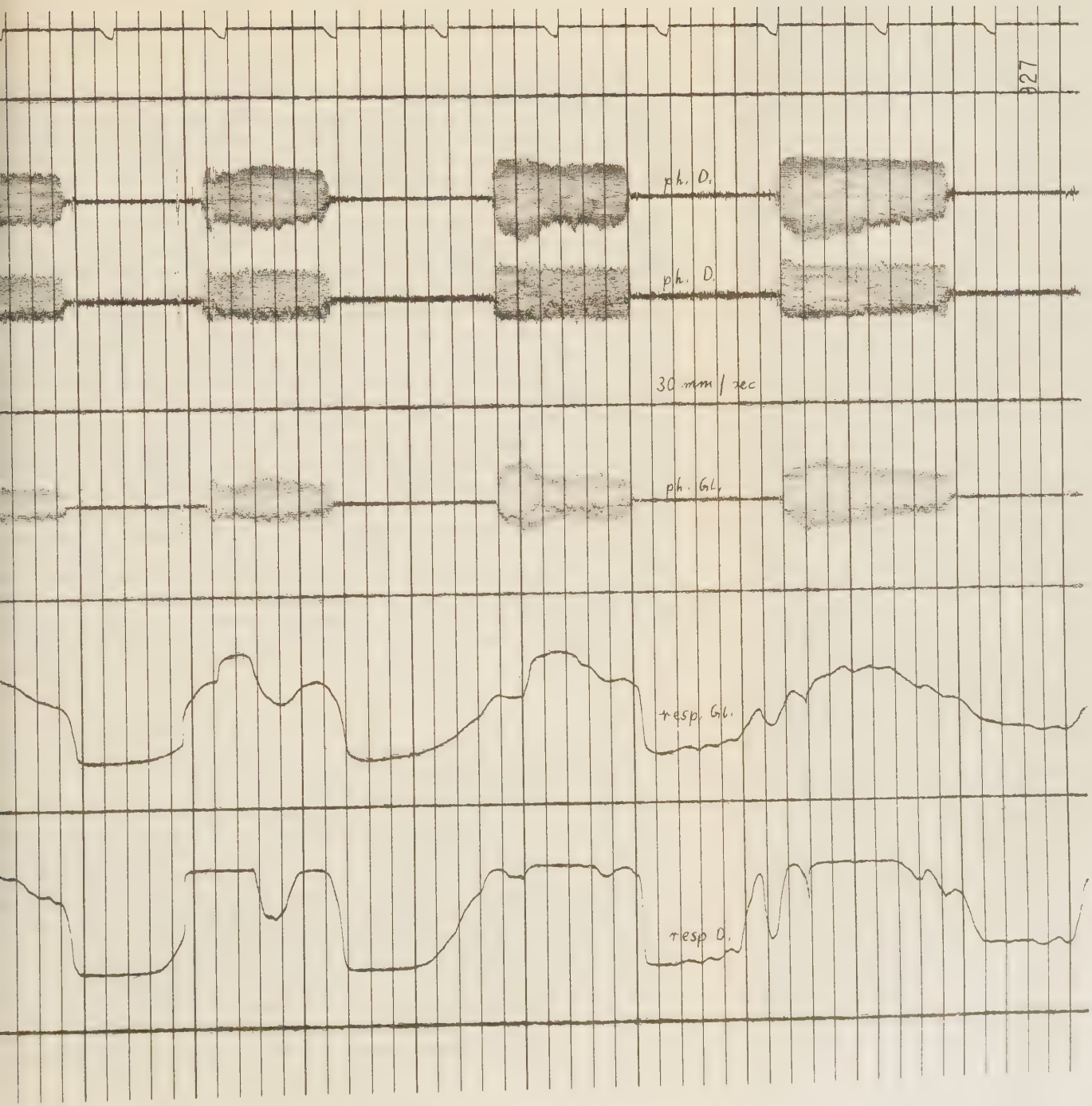

ph. D.
ph. D
ph. Gl.
r. Gl.
r. D.

leichten, oft welligen Anstieg heraus in dem Augenblick steiler abfällt, in dem die Öffnung der Glottis im Diaphanogramm sichtbar wird. Manchmal geht in beiden Kurven noch eine kleine Erhebung voraus.

b. Phonatorische Schwingungen

Die phonatorischen Schwingungen beginnen bei mässig hartem Stimmeinsatz, wie ihn die Versuchsperson normalerweise bot, im aufsteigenden Teil der glottischen Kurve, meist in dessen oberem Drittel. Oft bildet die Aufzeichnung in diesem Augenblick einen kleinen Absatz, manchmal zeigt sich sogar eine Bewegung der Glottisöffnung. Allein aus dem Aussehen des Glottogrammes könnte man also schliessen, dass die Phonation zu einer Zeit beginnt, in der die Stimmritze noch nicht geschlossen ist. Die tonfrequenten Schwingungen halten über die Zeit der Kuppelbildung und des mässigen Abstieges in der respiratorischen Glottographie hinaus an. Oft reichen sie auch noch weit in den steil abfallenden Schenkel hinein, manchmal bis zu fast einem Drittel der Widerstandsabnahme. Auf die häufig 100-200 msec. vor der Phonation auftretenden sog. präparatorischen Zuckungen werden wir später (S. 60) eingehen.

Beim Vergleich mit der respiratorischen Diaphanographie fällt uns auf, dass die Stimmlippen zumindest in ihren medialen Rändern, beim Beginn der Phonation schon aneinanderliegen. Wir befinden uns nämlich zu diesem Zeitpunkt schon im Plateau des Glottisschlusses. Die phonatorischen Schwingungen dauern auch hier über den Verschluss der rima glottidis hinaus an. Meistens enden sie im ersten Drittel des absteigenden Diaphanogrammes. Die tonerzeugenden Schwingungen der Stimmlippen dauern also bis zu einer recht beträchtlichen Öffnung der Glottis.
Bei gesunden Versuchspersonen bieten die phonatorischen Schwingungen, sofern der Patient nicht durch die Photosonde irgendwie gereizt wurde, ein recht einheitliches und regelmässiges Bild. Bei richtiger Lage der Sonde stimmen die phonatorischen Aufzeichnungen in der Glottographie und Diaphanographie in ihrer Form weitgehend überein. Die Amplitude hängt natürlich sehr von der Verstärkung im jeweiligen Schreibkanal ab. Deutliche Schwankungen der Höhe der Ausschläge in einer Art der Registrierung zeigen sich jedoch auch immer in der anderen.
Im vorliegenden Versuch, also beim deutlichen, aber nicht betont harten Stimmeinsatz, schwellen die phonatorischen Bewegungen innerhalb weniger Ausschläge zu voller Amplitude an. Im Folgenden unterliegt die Höhe der Schwingungen meist kleineren Schwankungen, so dass die Kurven gekerbt erscheinen. Tiefe Einschnitte kommen seltener vor. Im allgemeinen nimmt die Amplitude während des Tonhaltens etwas ab.


827
ph. D.
ph. D.
30 mm / sec
ph. Gl.
resp. Gl.
resp D.

Normaler Stimmeinsatz
VP E. Huber
30 mm/sec.
kurze Öffnungen der Glottis während der Phonation
respiratorisches Diaphanogramm

TAFEL 5

Vor Ende der Phonation zeigt sich oft noch ein kleines Anschwellen. Die Schwingungen klingen etwas langsamer ab, als sie begannen. Auf weitere Einzelheiten der phonatorischen Bilder, sowie auf die häufig etwa 100 bis 200 msec. vor Beginn der Phonation sichtbaren Zuckungen, werden wir später noch eingehen.

Wenden wir unseren Blick von den phonatorischen Schwingungen zu de gleichzeitig geschriebenen respiratorischen Glottogrammen und Diaphanogrammen, so stellen wir fest, dass während der Phonation auch langsame Änderungen des Spannungszustandes und der Stellung der Stimmlippen ablaufen. In der respiratorischen Glottographie beobachten wir während des Tonhaltens regelmässig die oben beschriebene Kuppelbildung und den darauf folgenden mässigen Abstieg der Kurve. Die Stimmlippen rücken also zunächst noch fester aneinander und weichen dann schon wieder etwas auseinander, während die phonatorische Ausschläge praktisch unvermindert anhalten. Manchmal treten während der Intonation sogar so grosse Spannungsänderungen der Stimmlippen auf, dass auch die Stimmbänder deutlich auseinanderweichen, um kurze Zeit später wieder aneinanderzurücken. Wir erkennen diesen Vorgang an einer manchmal recht ausgeprägten Kerbung des respiratorischen Diaphanogrammes, die mehr als ein Drittel der gesamten Ausschlaghöhe betragen kann (S. 40).
Trotz dieses deutlichen Klaffens der rima glottidis setzen sich in solchen Momenten die tonfrequenten Schwingungen in unverminderter Höhe fort. Manchmal erscheinen sie während dieser Vorgänge sogar ein bisschen vergrössert.

2. Harter Stimmeinsatz

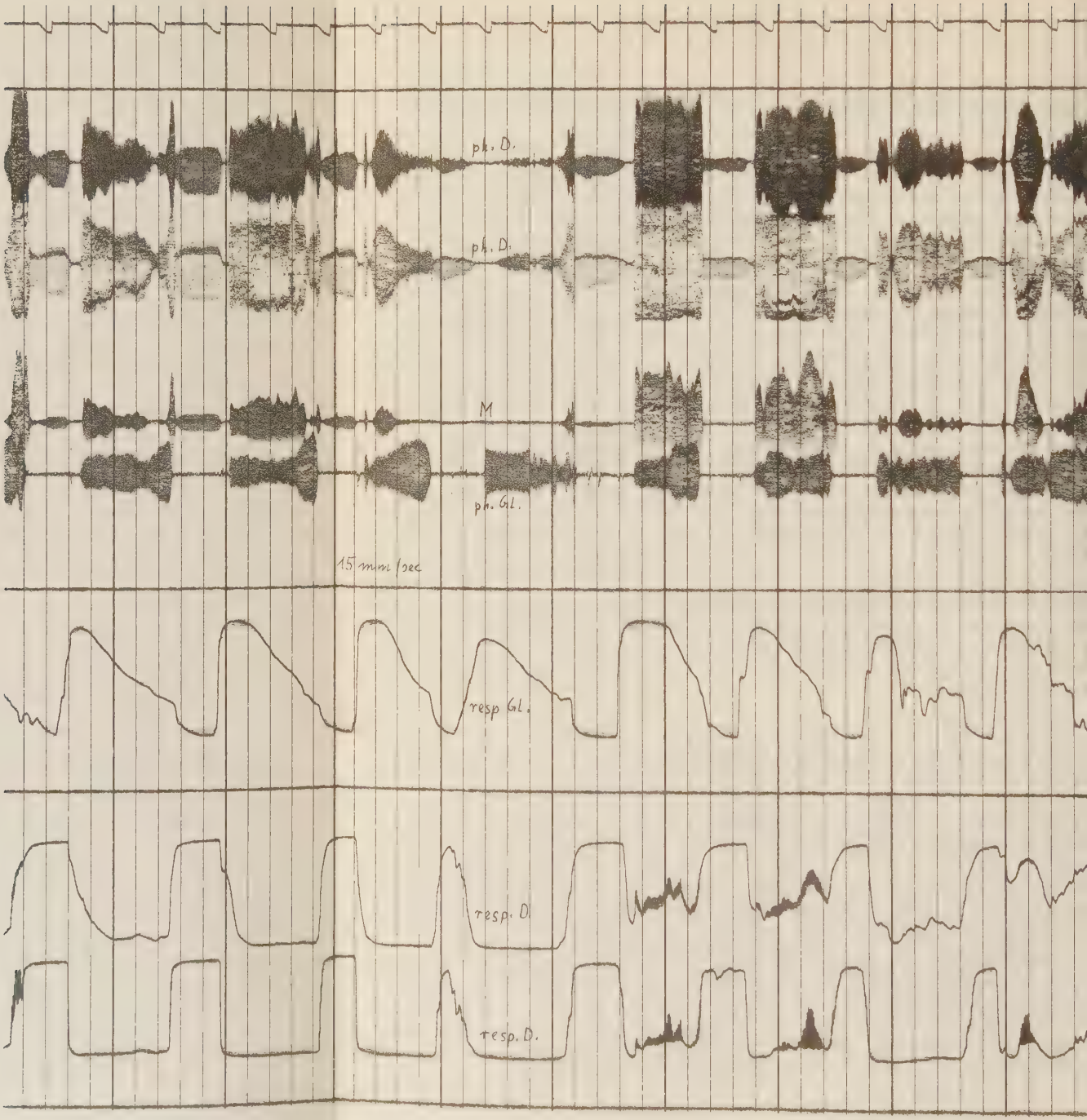
In der respiratorischen Glottographie fällt uns auf den ersten Blick der überaus steile Anstieg der Kurven vom Punkt der maximalen Glottisöffnung an auf. In weniger als 0,1 sec. erreicht die Kurve die Kuppel des Glottisschlusses. Bei einer Gesamtdauer des Phonationsablaufes zwischen 2 und 2,4 sec. spannt sich die Kuppel über etwa 0,8 s Sie ist also im Vergleich zur normalen Stimmgebung etwas verlängert Darauf fällt die Zeichnung meist in einer ziemlich gleichmässigen Schrägen von 0,8 bis zu einer Sekunde ab. Manchmal geht dieser Abstieg bis zu fast maximalen Widerstandsabnahmen, meistens aber nur bis zu einem Drittel der ursprünglichen Höhe. In solchen Fällen wendet sich die Kurve nach einem Knick nochmal steiler, fast senkrecht, nach unten. In einem kleinen Bogen von etwa 0,6 sec. wird dann der

efpunkt erreicht, von dem aus ein erneuter, plötzlicher Anstieg zum chsten Stimmeinsatz erfolgt.

e Diaphanographie hatten wir im gezeigten Versuch so gepolt, dass ch ein abnehmender Lichtfluss beim Schliessen der Glottis in einem pfall der Kurve ausdrückt. Wie wir sehen, senkt sich beim betont rten Stimmeinsatz bei gegensätzlicher Polung das Diaphanogramm aktisch im selben Moment, in dem das respiratorische Glottogramm steigen beginnt. Leider ist in nebenstehendem Bild mit 2,8 cm die aximale Ausschlaghöhe in der Diaphanographie erreicht, so dass wir nehmen müssen, dass wir uns in der unteren Horizontalen, die den sten Glottisschlus anzeigen sollte, bereits ausserhalb des Schreibreiches befinden. Bei genauerem Betrachten sehen wir aber, dass n Glottogramm die Kuppel des Stimmlippenschlusses gerade dann ihn Höhepunkt erreicht, wenn das Diaphanogramm in die untere Horintale eintritt. Während in der Folgezeit aber das Glottogramm schon eder fast bis auf ein Drittel seiner ursprünglichen Höhe absinkt, verft das Diaphanogramm weiterhin waagrecht. Erst wenn sich das ottogramm zum letzten fast senkrechten Stück des Abstieges wendet, eigt auch das Diaphanogramm recht steil wieder an. Während also im Verschliessen der Stimmritze beide Kurven praktisch immer nselben Stand der Entfernung der Stimmlippen anzeigen und auch ihn Höhe- bzw. Tiefpunkt im selben Moment erreichen, wird das Ausnanderweichen der Stimmlippen im Diaphanogramm erst dann angeigt, wenn das Glottogramm schon sehr tief steht. Beim entsprechenn Höhenstand des Glottogrammes während des Zusammenrückens der immlippen zeigte auch das Diaphanogramm noch ein weites Klaffen r rima glottidis an.

ir dürfen beim harten Stimmeinsatz aus einem Vergleich beider Aufichnungen deshalb auf folgenden Schwingungsmodus der Stimmlippen hliessen: Sie nähern sich in voller Breite einander und die Phonaon beginnt erst, nachdem die rima glottis bereits fest verschlossen ar. Während der Phonation aber lagern sich die Stimmlippen dann eitgehend innerlich um und weichen spät wieder in ihren freien Ränrn auseinander.

ie wir später (S.61) sehen werden, zeigen uns die mit hoher Papierufgeschwindigkeit geschriebenen Kurven den selben Modus der Stimmppenschwingungen beim harten Stimmeinsatz. Auf diesen Bildern egt aber die Höhe der Ausschläge sicher innerhalb des Schreibbereies unseres Gerätes. Wir dürfen sie also schon hier als Beweis des en Gesagten anführen.


ph. D.
ph. D.
M
ph. Gl.
15 mm/sec
resp Gl.
resp. D
resp. D.

natorische Erscheinungen beim harten Einsatz

Die phonatorischen Ausschläge beginnen beim harten Stimmeinsatz n beiden Aufzeichnungen ganz plötzlich mit grösster Amplitude, oder schwellen doch fast augenblicklich zu dieser an. Der Einsatz der schnellen Schwingungen liegt fast immer auf der Höhe der glotographischen Kuppel und somit im festen Verschluss der Glottis. Dementsprechend ist auch die respiratorische Diaphanographie bereits in die untere Horizontale eingetreten. Je nachdem wie es gelingt die Photosonde reizfrei über den Larynx zu halten, sieht man mehr oder weniger gleichmässige Ausschläge in den phonatorischen Bildern.
Mit dem Beenden des Tones hören die Ausschläge meist fast ebenso plötzlich wieder auf, wie sie vorher begannen. Wie wir beim gleichzeitigen Betrachten der respiratorischen Diaphanographie sehen können, bleibt die Stimmritze bis zum Absetzen der Stimme und manchmal sogar etwas länger, verschlossen. Dies steht in Einklang mit dem dabei von uns beobachteten harten Absetzen der Stimme.

Die oft zwischen den einzelnen Intonationen sichtbaren Ausschläge der phonatorischen Diaphanographie zeigen überall eine Frequenz von fünfzig Hertz und dürften auf ein Durchschlagen der Wechselspannung im Gerät oder des Netzstromes im Raum zurückzuführen sein.

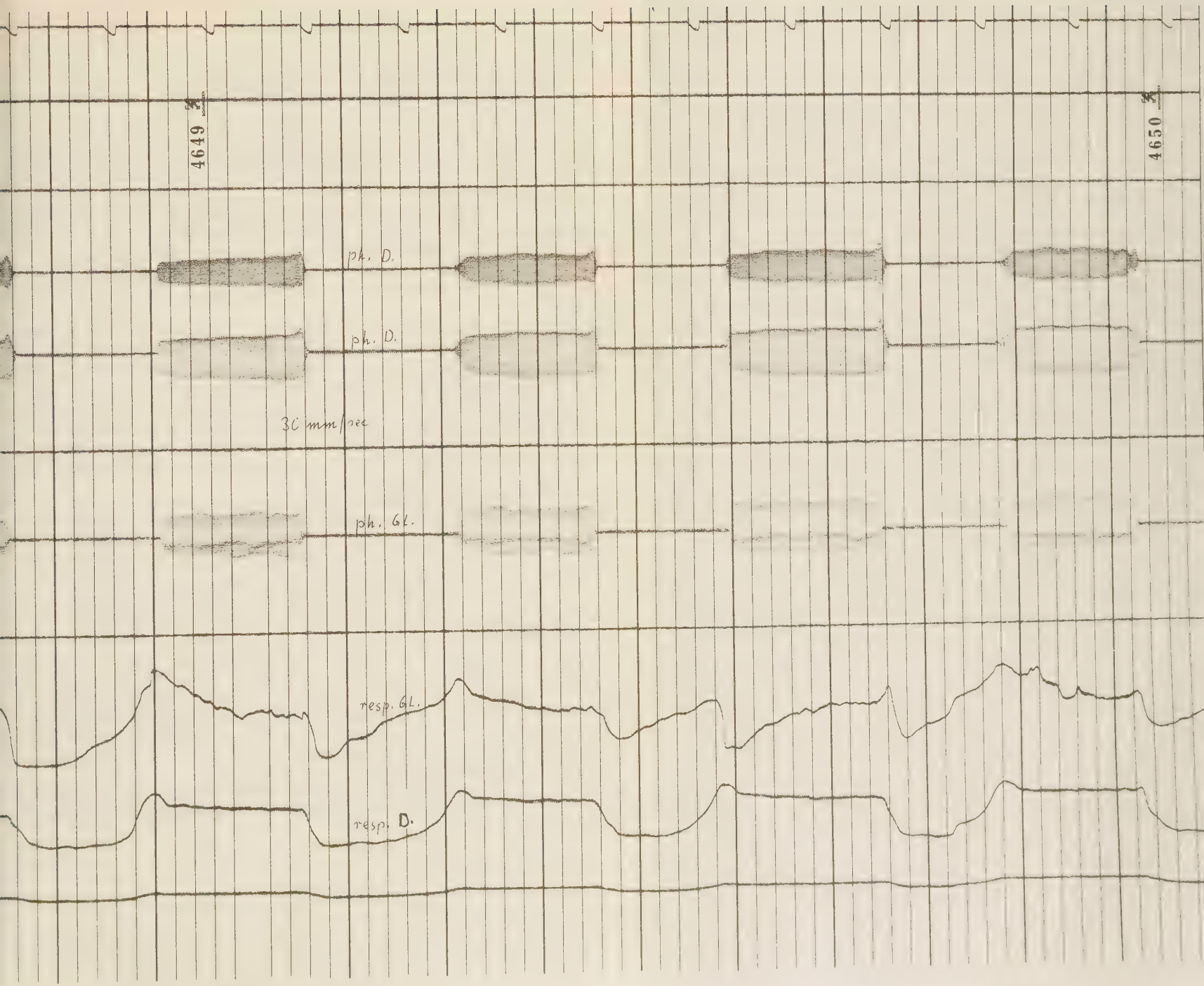
Weicher Stimmeinsatz

n weichen Stimmbeginn erkennen wir schon auf den ersten Blick allende Besonderheiten der Bilder.
Anstieg der respiratorischen Glottographie erfolgt hier sehr lang- in Form fast regelmässiger kleiner Wellen vom Punkt des höchkapazitiven Widerstandes aus. Bei einer Gesamtdauer des phonaschen Ablaufs von mehr als drei Sekunden, dauert die Phase des tiegs 1,4 bis 1,6 sec. Sie ist also auch im Vergleich zur Gesamter des Ablaufes deutlich länger als beim normalen Stimmeinsatz selben Versuchsperson (S. 39).
feste Verschluss der Stimmlippen wird auch hier durch eine Kupangezeigt, die sich sogar besonders deutlich aus dem Kurvenbild ebt, dafür aber nur etwa 0,3 sec. dauert. Der folgende leichte ll der Kurve von 1,2 bis 1,4 sec. über die Dauer des Tonhaltens ier ebenfalls besonders flach. Auch hier erkennen wir am Ende Tones wieder eine schnellere Zunahme des Widerstandes, die Kurällt also steiler ab. Dieser Effekt ist aber viel weniger ausgeprägt beim harten, oder normalen Stimmeinsatz.

Das respiratorische Diaphanogramm zeigt im grossen und ganzen gleichsinnige Veränderungen, die aber auch einige recht bemerkens werte Abweichungen vom bisher beschriebenen Verhalten zeigen. V zu erwarten, verläuft die Annäherung der Stimmlippen langsamer u damit der Anstieg der Kurve flacher. Bemerkenswerter ist schon d Beobachtung, dass Glottographie und Diaphanographie sich häufig f im selben Augenblick zu heben beginnen. Die Widerstandszunahme muss also hier schon recht früh mit einer tatsächlichen Annäherun der medianen Anteile der Stimmlippen verbunden sein. Erstaunlich weise sehen wir in den gezeigten Ableitungen auch im Diaphanogra eine kleine, kurze Kuppel, wie wir sie bisher immer als Zeichen d festen Aneinanderlagerns der Stimmwülste im Glottogramm deutet Nach dieser kleinen Erhebung, die gleiche Dauer wie im Glottogra zeigt, beginnt auch die Zeichnung der Lichtstärke langsam und seh gleichmässig abzufallen. Am Ende des Schwingungsablaufes wendet sich die Diaphanographie wieder etwas später und dafür steiler als Glottographie zur weiten Öffnung der Glottis.
Wegen der in allen Zyklen praktisch gleichen Höhe des Gipfels der diaphanographischen Kuppel dürfen wir annehmen, dass in diesem ment die Glottis lichtdicht verschlossen ist. Der folgende leichte A fall lässt uns vermuten, dass beim betont langsamen Einsatz der S me die rima glottidis nur für einen kurzen Augenblick fest verschl sen ist und dann die Stimmlippen medial wieder einen kleinen Spalt auseinanderweichen, oder doch wenigstens so dünn werden, dass s ches Licht durchscheint.

Phonatorische Beiträge

Wie in den bisherigen Versuchen beginnt auch hier der phonator Beitrag der Glottis erst auf der Höhe des Stimmritzenverschlus oder jedenfalls der grössten Verengerung, sichtbar zu werden. fängt mit kleinen Ausschlägen an, die viel langsamer als bisher ihrer vollen Grösse anwachsen. Das während der Phonation auc im respiratorischen Diaphanogramm sichtbare Auseinanderwei der Stimmlippen scheint der Regelmässsigkeit der phonatorisch Ausschläge nicht zu schaden. Das Ende der schnellen Schwingu kommt wieder mit dem endgültigen Auseinanderweichen der Sti lippen. Auch beim Ausklingen des Tones nimmt die Amplitude a mählich ab, doch ist der Unterschied zum normalen Stimmabsa hier nicht so gross wie beim Stimmeinsatz.

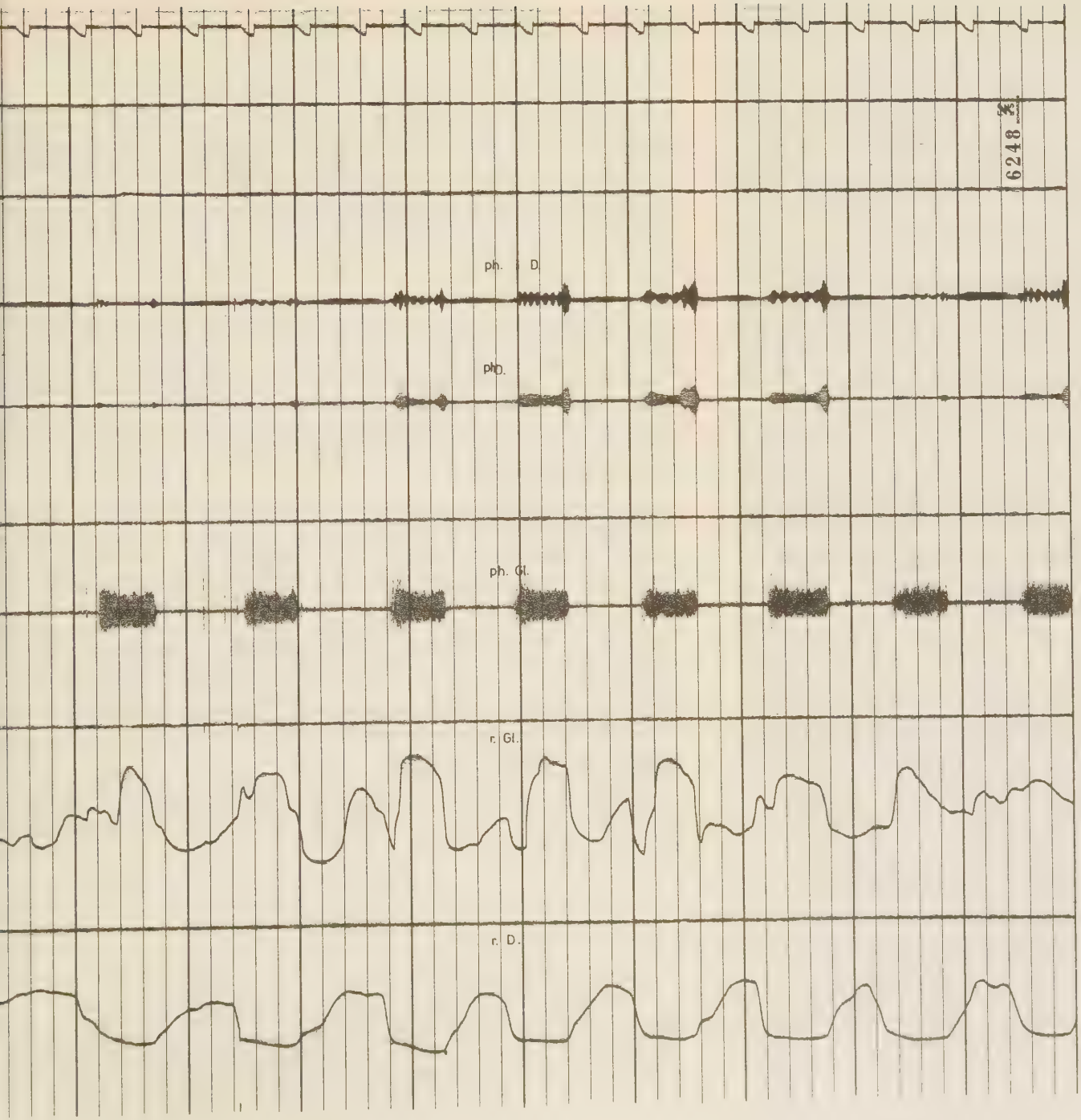

4649
4650
ph. D.
ph. D.
30 mm/sec
ph. GL.
resp. GL.
resp. D.

Weicher Stimmeinsatz
VP E. Huber
30 mm/sec.
alle Aufzeichnungen sicher innerhalb des Schreibbereiches

TAFEL 7

4. Diskrepanzen in respiratorischer Glottographie und Diaphanographie

Gelegentlich beobachten wir in unseren Aufzeichnungen etwa 0,4 bis 0,8 sec. vor Phonationsbeginn eine deutliche Widerstandsabnahme im respiratorischen Glottogramm, was einem Näherrücken der Stimmlippen entsprechen muss. In 0,4 bis 0,5 sec. erreicht die Kurve bis zu zwei Drittel der Ausschlagshöhe des Glottisschlusses, meistens aber weniger. Im Gegensatz dazu zeigt uns das Diaphanogramm zu diesem Zeitpunkt noch ungehinderten Lichtfluss durch die Stimmritze. Im folgenden fällt das Glottogramm nach einer Zacke, oder kleinen Kuppel schnell und für kurze Zeit wieder ab, oft fast bis zu seinem Ausgangspunkt.
Während wir hier aus der Glottographie ein erneutes Auseinanderweichen der Stimmlippen ablesen würden, sehen wir in der gegensätzlich gepolten Diaphanographie einen Abfall, also eine Abnahme der Lichtintensität. Die Stimmlippen müssen also wenigstens in dünner Schicht aufeinander zuwandern. Das Glottogramm erreicht den Tiefpunkt dieses vorläufigen Abfalles zu einem Zeitpunkt, in dem das Diaphanogramm in einen fast horizontalen Verlauf umbiegt, die Stimmlippen also fast, oder in dünner Schicht, ganz aneinanderliegen, so dass sie noch ein wenig transparent bleiben.
Für eine weitgehende Annäherung der Stimmlippen spricht auch die Tatsache, dass die phonatorischen Schwingungen in beiden Ableitungen in diesem Moment einsetzen.
Während die Phonation anhält, steigt jetzt auch das respiratorische Glottogramm in wenigen msec. zur Höhe des festen Glottisschlusses an. Dass sich die Glottis nun wirklich fest verschliesst, sieht man auch im Diaphanogramm, das noch ein klein wenig zum Nullpunkt der Lichtintensität abfällt.
Erst gegen Ende der phonatorischen Schwingungen fällt die respiratorische Glottographie zunächst langsam, dann sehr steil wieder ab. Erstaunlicherweise wird das Auseinanderweichen der Stimmlippen hier in der Diaphanographie langsamer dargestellt. Die Höhe des freien Lichtflusses durch die Stimmritze erreicht das Diaphanogramm erst, nachdem sich das Glottogramm schon wieder zur vorläufigen Zacke des nächsten Schwingungsablaufes erhoben hat.
Die eben beschriebenen Phänomene im Schwingungsablauf der Glottis sahen wir vor allem dann, wenn der Proband gegen Würgreiz ankämpfen musste.


6248
ph. D.
phD.
ph. Gl.
r. Gl.
r. D.

5. Stimmbeginn bei geöffneter Glottis

Während eine ganze Reihe von Autoren bei funktionellen Stimmstörungen einen Beginn der phonatorischen Schwingungen bei noch geöffneter Glottis beobachteten, weisen einige darauf hin, dass dies auch beim weichen Stimmeinsatz bei Gesunden der Fall sei. Dazu zählen u. a. LUCHSINGER und H. BÜRGER. BÜRGER behauptet sogar, der Phonationsbeginn würde beim weichen Stimmeinsatz im unteren Teil des respiratorischen Kurvenanstiegs liegen.

Auch wir konnten einen Phonationsbeginn schon im aufsteigenden Ast der Glottographie in vielen Kurven bei Gesunden feststellen, glauben aber verschiedene Ursachen für dieses Verhalten gefunden zu haben. Erstens kann es sich um ein scheinbares weites Klaffen der Stimmritze handeln, da das respiratorische Diaphanogramm im selben Zeitpunkt schon ein völliges, oder fast völliges Sistieren des Lichtstromes zeigt. Wie wir auf Seite 55 zeigen konnten, ist bei geschlossener Stimmritze manchmal sogar eine erhebliche Widerstandsminderung im Glottogramm nachzuweisen (S. 55).

Zweitens sahen wir tatsächlich ein tonfrequentes Oszillieren, während uns auch die Diaphanographie noch teilweise geöffnete Stimmlippen anzeigte. Diese Aufzeichnungen traten vor allem beim weichen Stimmeinsatz auf, während wir bei den vorhergehenden keine sicheren Beziehungen zur harten, oder weichen Stimmgebung feststellten.
Drittens scheinen uns die Beziehungen zwischen Phonationsbeginn und Entfernung der Stimmlippen starken individuellen Prägungen zu unterliegen. Bei Leuten, die normalerweise weich und leise sprechen, fallen die schnellen Schwingungen anscheinend in der Regel bei noch geöffneter oder durchscheinender Glottis ein, während sie bei anderen nur unter unphysiologischen Bedingungen zu sehen waren, und sonst auch bei weichem Einsatz nicht.
Davon zu unterscheiden ist die ovaläre Verschlussinsuffizienz der Stimmbänder während der Phonation, die LUCHSINGER u. a. beim weichen Einsatz der Stimme beobachteten (S. 84). Diese sahen auch wir bei den meisten Versuchspersonen.

6. Niederschrift der Kurven bei hoher Papierlaufgeschwindigkeit

Die Papierlaufgeschwindigkeit des zu unseren Versuchen benutzten EEG-Schreibers ist in weiten Grenzen variabel. Wir veränderten sie je nach Bedarf zwischen 15 und 200 mm pro Sekunde. Während sich zum Ver-

Habitueller Stimmbeginn bei geöffneter Glottis
Weicher Stimmeinsatz
VP K. H. Mauritz
30 mm/sec.
Im Schreibbereich gegensätzliche Polung

TAFEL 9

gleich der respiratorischen Kurven untereinander, sowie mit dem Beginn und Aufhören der schnellen Bewegungen, Geschwindigkeiten von 15 oder dreissig mm als brauchbarer erwiesen, erkennen wir die Einzelheiten der phonatorischen Schwingungen bei hoher Papierlaufgeschwindigkeit natürlich viel besser.

a. Weicher Einsatz

Deutlich zeigt sich, dass beim weichen Einsatz der Stimme die Schwingungen nicht sofort in voller Höhe anfangen, sondern im Laufe von mehreren Zehntelsekunden zu ihrer vollen Grösse anwachsen. Das Anschwellen der Ausschläge erfolgt ganz kontinuierlich. Dann halten die Schwingungen mit schöner Regelmässigkeit in Frequenz und Amplitude über die Dauer des einigermassen festen Glottisschlusses an. Nachdem dann die respiratorischen Kurven gerade das Auseinanderweichen der Stimmbänder anzeigten, nimmt die Höhe der schnellen Oszillationen innerhalb einer Zehntelsekunde gleichmässig wieder ab. Die Frequenz der Glottisschläge liegt mit knapp 120 pro Sekunde ziemlich niedrig (s. LIEBNER) und entspricht so der tiefen Sprechtonlage der Versuchsperson. Bei genauerem Hinsehen stellen wir fest, dass Glottographie und Diaphanographie in der Zahl der Ausschläge pro Zeiteinheit genau übereinstimmen. Die Konkordanz geht soweit, dass auch die Phase der Zeichnungen in den einzelnen Kanälen die gleiche ist. Das heisst, ein unterer Umschlagspunkt in der Glottographie entspricht bei paralleler Schaltung zeitlich genau einem unteren Umschlagpunkt in der Diaphanographie. Eine minimalste Differenz von vielleicht einer tausendstel Sekunde müssen wir dabei der Mechanik des Schreibgerätes anrechnen.

b. Harter Stimmeinsatz

Im Gegensatz zu den eben gezeigten Bildern wird die maximale Ausschlaghöhe der phonatorischen Schwingungen beim harten Stimmeinsatz innerhalb kürzester Zeit erreicht. Schon nach einer bis zwei Zuckungen, also in zwei hundertstel Sekunden, sind die phonatorischen Schläge der Glottis maximal ausgebildet. Diese Schwingungen setzen sich wieder sehr regelmässig fort, bis die Stimmbänder zur Inspiration auseinanderweichen. Wird am Ende der Tongebung die Stimme wieder hart abgesetzt, so hören die Oszillationen auch ebenso plötzlich auf.

Im gezeigten Fall klingt die Stimme weich aus und entsprechend sehen wir, dass die phonatorischen Schwingungen allmählich abnehmen. Auch die respiratorischen Kurven zeigen uns einen Verlauf, der ein weiches Absetzen der Stimme vermuten lässt.

Weicher Einsatz
VP E. Huber
200 mm/sec.
im Schreibbereich

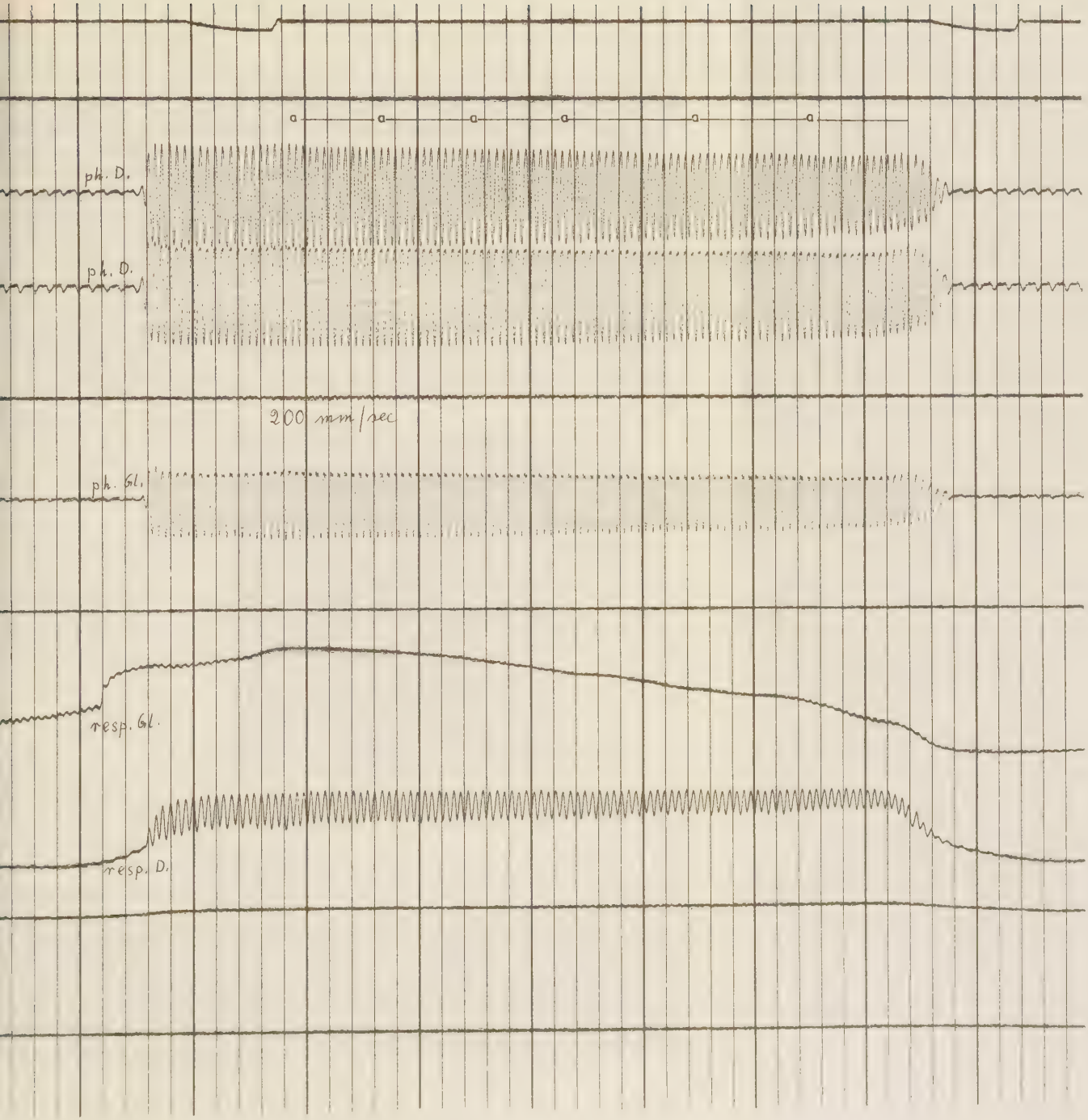
TAFEL 10

7. Präparatorische Zuckungen

FABRE konnte beim harten Stimmeinsatz vor dem Beginn der Phonation einige geringe Ausschläge der phonatorischen Glottographie zeige und spricht von präparatorischen Oszillationen. Da er ein Anhänger der neurochronaxischen Theorie HUSSONs ist, bringt er sie in Zusam menhang mit der muskulären Konstriktion, als deren Folge er die Stimmritzenverengerung betrachtet. FAABORG-ANDERSON konnte mi einer in den m. vocalis eingebrachten Elektrode eine Zunahme der Entladungen etwa 100 bis 200 msec. vor Beginn der Phonation messen, während welcher die Aktivität wieder nachliess. Nach dieser erfolgte eine erneute Zunahme der Entladungen. Etwa 120 msec. vor dem har ten Stimmeinsatz sah er eine geringe Anzahl von Entladungen, die wohl FABREs präparatorischen Zuckungen entsprechen.
Auch wir konnten häufig in einem Abstand von 100 bis 200 msec. vor Beginn der Tonschwingungen Ausschläge in den respiratorischen Kurven sehen. Im Gegensatz zu den Bemerkungen FABREs zeigen sie in unseren Kurven aber meist höhere Werte als die Amplitude der phonatorischen Schwingungen. Oft sind sie im Glottogramm deutlicher zu se hen, oft im Diaphanogramm, häufig in beiden etwa gleich gut.
Diese präparatorischen Zuckungen unterscheiden sich aber in vieler Hinsicht von den selbsterregten Tonschwingungen der Stimmlippen. Erstens ist, wie schon erwähnt, ihre Amplitude oft bedeutend grösser als selbst bei lautem Sprechen. Zweitens wechselt ihre Höhe von Ausschlag zu Ausschlag noch beträchtlicher als in den phonatorischen Beiträgen bei Stimmstörungen. Drittens liegen die Intervalle zwischen ihnen mit 50 bis 80 msec. in einem Bereich, wie er uns auch sonst aus der Muskelphysiologie bekannt ist.
Wir neigen deshalb zu der Ansicht, dass es sich bei diesen Erscheinungen um aktive Muskelkontraktionen handelt, die in ihrem Entstehungsmechanismus nichts zu tun haben mit den tonerzeugenden Vibrationen. Eine Bestätigung der Theorie HUSSONs können wir darin keinesfalls erblicken. Von LOEBELL wurden präparatorische Zuckungen als Einstellungsbewegung des Stimmapparates zur Phonation gedeutet.

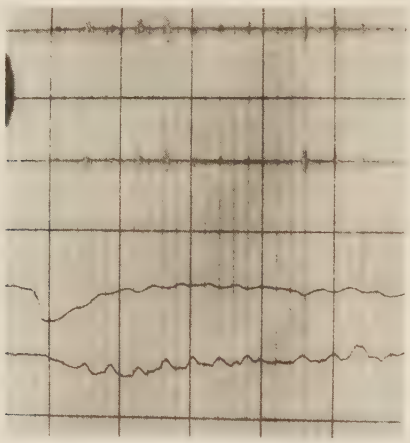
8. Hecheln

Das Hecheln zeigt sich auf der Linie der respiratorischen Glottographie in Form kleiner, fast halbrunder Wellen. Klein sind die Wellen nicht etwa wegen einer verhältnismässig schwachen Verstärkung durch den Schreiber, sondern im Vergleich mit der Amplitude der im selben Versuch geschriebenen respiratorischen Ausschläge beim Intonieren eines Vokales. Die Dauer der Wellen entspricht der Frequenz der kur


ph. D.
ph. D.
200 mm/sec
ph. Gl.
resp. Gl.
resp. D.

zen Atemzüge von zwei bis drei pro Sekunde.
In der Diaphanographie haben die einzelnen Ausschläge genau gleiche Dauer und verlaufen phasengleich. Ihre Amplitude ist jedoch etwa doppelt so hoch wie im Glottogramm. Ausserdem verlaufen die einzelnen Ausschläge spitzwinkliger in Form sägezahnähnlicher Zacken.
Nicht immer, aber doch bemerkenswert oft, zeigen sich beim Hecheln auch Oszillationen in den respiratorischen Kurven. Auffallenderweise beträgt ihre Frequenz nur gut die Hälfte bis zwei Drittel (zwischen 60 und 80) derer, die beim Sprechen des Vokals "a" bei derselben Versuchsperson auftritt.

Auch beim Hecheln mussten wir erhebliche individuelle Unterschiede bei den einzelnen Versuchspersonen feststellen. Diese beziehen sich sowohl auf die Amplitude, sowie auf die Frequenz der Ausschläge.



9. Husten

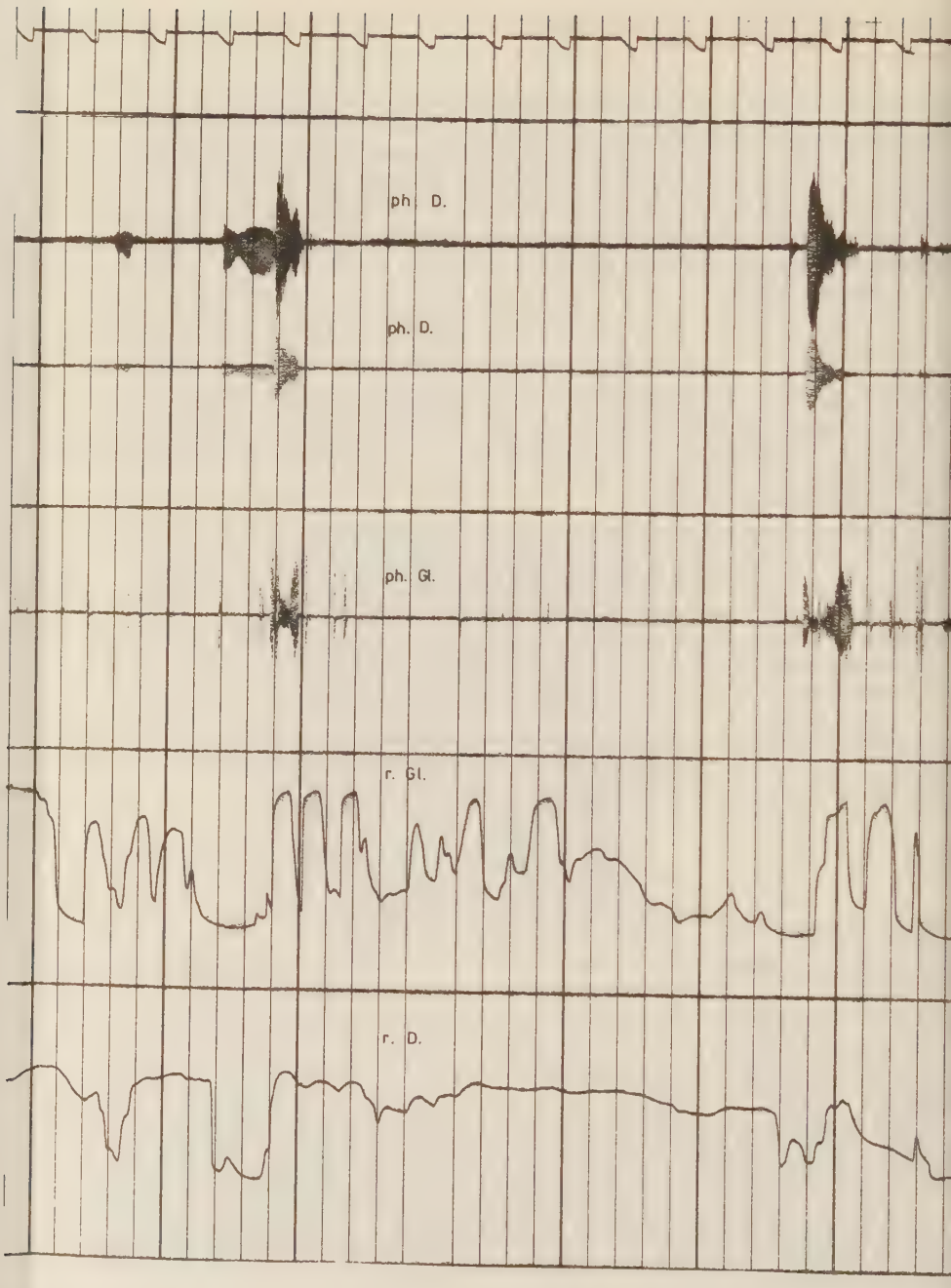
Beim Husten steigt die respiratorische Glottographie von einer vorhergehenden tiefen Senkung aus sehr steil an, in den meisten Fällen sogar senkrecht. Sie bleibt jedoch nicht auf der Höhe der Widerstandsabnahme, sondern fällt schon nach vielleicht 0,3 sec. ebenso rasch wieder ab, um nach weiteren 0,3 sec. plötzlich wieder zur grössten Höhe aufzuschiessen. So entsteht das Bild von einigen, meist drei fast turmartig aussehenden plötzlichen Erhebungen, die durch etwa gleich breite Senken voneinander getrennt sind. Die Kurve fällt zwischen den Er-

nebungen allerdings nur um etwa zwei Drittel ihrer Höhe ab.
Das Diaphanogramm vollzieht zu Beginn der Aktion einen etwa gleich steilen Anstieg. Die folgenden grossen Schwankungen im Glottogramm zeigen sich aber hier nur in Form kleiner Wellen. Die Glottis müsste demnach fast geschlossen bleiben. In anderen Fällen fällt die diaphanographische Kurve nach einem kurzen unvollkommenen Verschluss wieder schräg ab, ohne mit weiteren Einzelheiten des Glottogramms übereinzustimmen.

Phonatorische Ausschläge setzen in beiden Fällen bei noch weit geöffneter Glottis ein. Ihre Amplitude wechselt sehr rasch und sie halten nur eine gute halbe Sekunde an, während die gesamte Aktion eineinhalb Sekunden dauert. Allerdings sehen wir nach diesen dicht aufeinanderfolgenden Oszillationen noch einige einzelne Zuckungen, bis sich die respiratorische Glottographie nach der letzten der grossen Zacken endgültig nach unten wendet.
Wenn wir aus dem Aussehen unserer Bilder zurückschliessen auf den physiologischen Vorgang der Stimmlippenbewegungen beim Husten, so sieht dieser ungefähr so aus: Die Stimmlippen nähern sich zunächst einander mit sehr grosser Geschwindigkeit und lagern sich breit aneinander. Durch den hohen Druck der aus der Lunge gepressten Luft werden sie auseinandergepresst und, da sie ihre Spannung teilweise beibehalten, zu phonatorischen Schwingungen angeregt, die allerdings nur kurz andauern. Diese Tatsache stimmt überein mit den Beobachtungen FABREs. Daneben finden aber auch viel schnellere und auch grössere innere Umlagerungen statt als bei der normalen Phonation. Die medialen Anteile bleiben dabei oft lange in Adduktion.

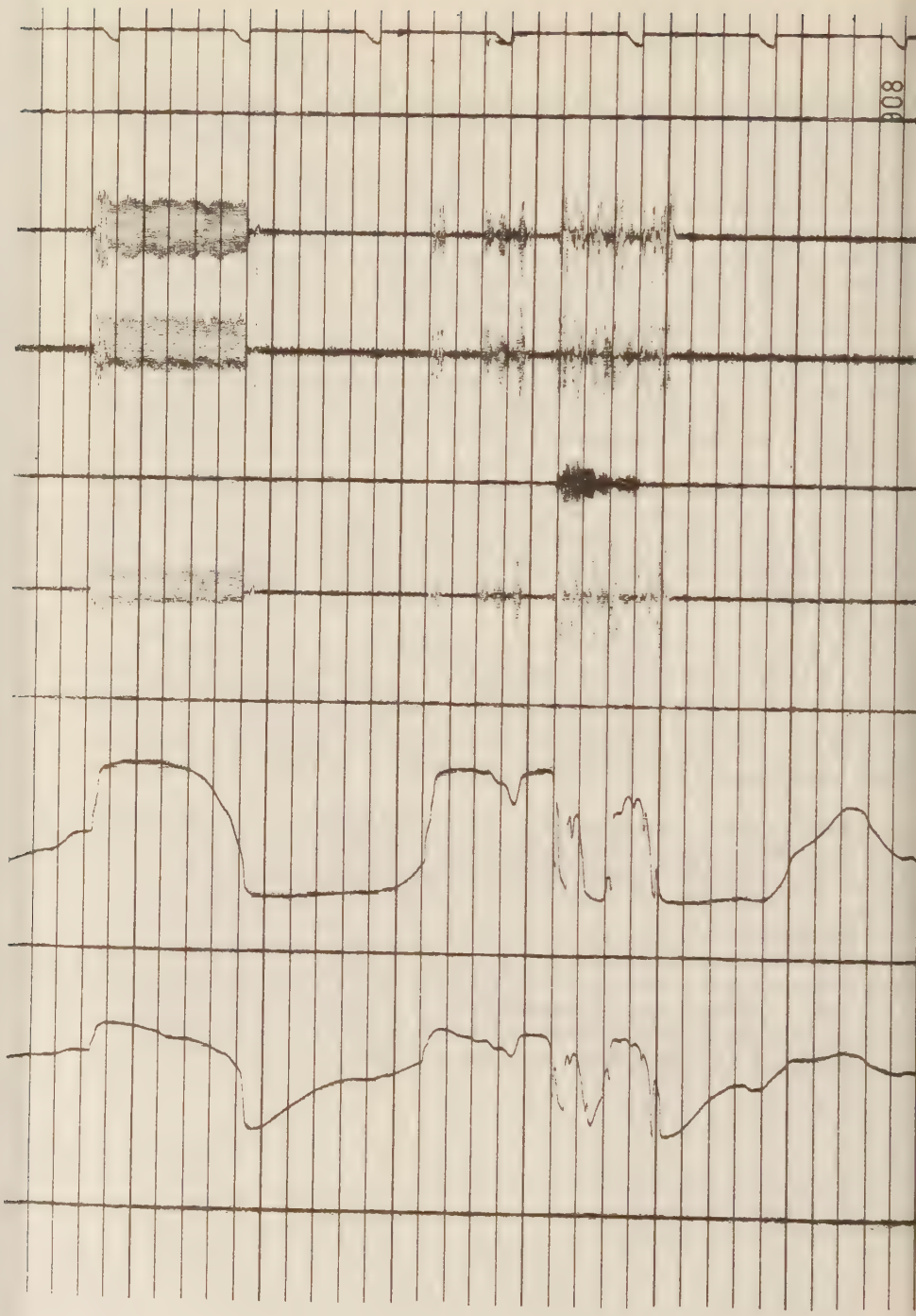
10. Würgen

Wie schon erwähnt, trat während unserer Versuche, vor allem, wenn man mit der Photosonde die Schleimhaut von tiefen Gebieten des Rachens, oder gar des Kehlkopfes, berührte, bei den meisten Personen ein starker Würgreiz auf. Im folgenden zeigen wir die Bilder der Glottisschwingungen, wie sie sich beim Würgen in unseren Kurven darstellen.
In der respiratorischen Glottographie bemerken wir nach einer Phase de weiten Glottisöffnung einen sehr steilen Anstieg innerhalb von 0,3 bis 0,4 sec. Die Kurve bleibt dann, unterbrochen von einer kleinen Zacke (0,2 sec.), auf der Höhe ihres Verlaufes. Es folgt dann ein fast senkrechter Abfall und im weiteren Verlauf kommen einige plötzliche Erhebungen von 0,2 bis 0,4 sec. Dauer, unterbrochen von etwa gleich lan-


ph. D.
ph. D.
ph. Gl.
r. Gl.
r. D.

e anhaltenden Senkungen. Im ganzen ist der Verlauf der Aufzeichnun-
en unregelmässig, wellenförmig bis gezackt, die Amplitude der ein-
elnen Ausschläge ist verschieden gross.
eim Vergleich mit der respiratorischen Diaphanographie wundern
ir uns über die frühe Abnahme der Lichtstärke, während in der Glot-
ographie noch keine Abnahme des Widerstandes zu sehen ist. Der Gip-
lpunkt der Kurve wird gleichzeitig mit dem der Glottographie erreicht.
bwohl in der Folgezeit die Höhenunterschiede der von den einzelnen
lottisschlägen gezeichneten Zacken, in Relation zur Gesamtamplitu-
e der beiden Zeichnungen, verschieden gross sind, bemerkt man sonst
ine auffallend gute Übereinstimmung zwischen Glottographie und Dia-
honographie. Vor allem liegen die Umschlagspunkte immer am sel-
en Zeitpunkt. Wir dürfen dies als Bestätigung dafür nehmen, dass tat-
ächlich Stimmlippenbewegungen und nicht etwa Artefakte aufgezeich-
et werden.
n den phonatorischen Kurven bemerken wir einzelne verhältnismässig
rosse Ausschläge, die meist in Gruppen zusammenstehen. Sie begin-
en etwa mit dem Verschluss oder maximalen Näherrücken der Stimm-
ppen und halten an, bis sich nach der letzten zackenartigen Erhebung
as Kurvenbild der respiratorischen Aufzeichnungen wieder beruhigt
at.
araus folgern wird, dass zu diesem Zeitpunkt der Würgreiz wieder
ufgehört hat. Die einzelnen Zuckungen in den phonatorischen Kurven
ind zeitlich soweit voneinander entfernt, dass es sich dabei kaum um
elbsterregte Schwingungen im Sinne der myoelastischen Theorie han-
eln dürfte. Bei der Frequenz von weniger als 50/sec. kann man wohl
eder Oszillation eine aktive Muskelkontraktion zuordnen.

as Würgen ist ein Vorgang, der verglichen mit der Phonation natür-
ch eine viel weniger exakte Koordination der Glottisbewegungen ver-
ngt. Entsprechend weichen die Kurven in Einzelheiten auch bei der-
elben Person stark voneinander ab. Die plötzlichen Änderungen und
er unregelmässige Verlauf in den respiratorischen Aufzeichnungen
nd in Verbindung damit die einzeln stehenden grossen Zuckungen in
en phonatorischen Kurven, sind aber doch so typische Merkmale, dass
an das Geschehen daraus diagnostizieren kann. Die Abgrenzung zu
ustenstössen, die nicht immer mit hochfrequenten, selbsterregten
chwingungen einhergehen müssen, ist manchmal schwierig.


908

PHYSIOLOGISCHE MUTATION

ährend der ersten Jahre der Pubertät, in denen der Stimmapparat
ranreift vom kindlichen zum erwachsenen Zustand, treten schon mit
m blossen Gehör recht deutlich wahrnehmbare Besonderheiten der
imme auf. So kann man leicht feststellen, dass bei Heranwachsenden
ährend des Sprechens häufig die Tonhöhe wechselt. Ebenso ändert
ch die Lautstärke oft plötzlich und unwillkürlich. Diese Erscheinun-
n treten besonders häufig beim Beginn des Sprechens auf, wobei sich
e Stimme, ebenfalls infolge ungenügender Kontrolle, häufig über-
hlägt. Manche Individuen sprechen während dieser Jahre auch mit
sonders tiefer Stimme, dem sogenannten Mutationsbass, der sich
äter wieder aufhellt.

ass es das motorische Zentrum für die Muskulatur des Larynx erst
ch lernen muss, mit den neuen und sich ständig ändernden Grössen-
rhältnissen und Umbauprozessen fertig zu werden, erkennen wir auch
einigen Charakteristika der Glottographie und der Diaphanographie.

den gezeigten Bildern steigt die Glottographie recht flach an. Dies
rf uns aber nicht dazu verleiten einen weichen Stimmeinsatz zu dia-
ostizieren, da es nur durch die geringe Amplitude der Ausschläge
dingt ist. Die kleinen Ausschläge waren im vorliegenden Fall tech-
sch durch die schwache Verstärkung im Gerät verursacht, die Ver-
chsperson hatte nämlich einen grossen Kehlkopf und sprach recht
ut. Bei genauerem Hinsehen messen wir für die Zeit des Näherrückens
r Stimmlippen vor Beginn der Phonation auch nur 0,6 bis 0,7 sec.,
as eher einem etwas harten Einsatz entspricht. Nachdem sich die Kur-
zu einer kleinen Kuppel von nur 0,2 sec. Dauer wölbte, fällt sie
r 0,6 bis 0,7 sec. langsam ab. Auch nach der Beugung, die wir dem
ginn des endgültigen Auseinanderweichens der Stimmlippen zuordnen,
lt die Kurve nur flach ab. Die gesamte Dauer des Phonationsablaufes
trägt etwa 1,6 sec. Was uns aber schon hier auffällt ist die Ungleich-
it der einzelnen Ausschläge. Nicht nur die Amplitude aufeinanderfol-
nder Abläufe wechselt bis zu einem Drittel und mehr, auch die Form
nn recht unterschiedlich sein.
ffälligere Eigenheiten der Mutationsstimme lassen sich jedoch in der
aphanographie erkennen. Hier wird der eher harte Stimmbeginn auch
tisch recht deutlich. Wie wir von Spiegeluntersuchungen wissen,
eibt bei mutierenden jungen Menschen oft das hintere Stück der rima
ottidis in Form des sogenannten Mutationsdreiecks offen. Es handelt
ch dabei um die Pars intercartilaginea. Tatsächlich sehen wir gemäss
seren Erwartungen auch, dass sich die respiratorische Diaphanogra-
ie meistens nicht bis zum Nullpunkt der Lichtintensität senkt, den
r auf der gezeigten Tafel markierten. Nach dem steilen Abfall wäh-

Physiologische Mutation
VP M. Meier
30 mm/sec.
gegensätzliche Polung
im Schreibbereich

TAFEL 14

der schnellen Annäherung der Stimmlippen kann die Kurve dabei
ich in eine Gerade umbiegen, die aber der Linie der vollkomme-
ichtunterbrechung nicht gleichkommt. In anderen Phonationsab-
sehen wir wiederum,dass nach einem zunächst wieder recht ab-
n Abfall der Lichtstärke diese dann nur mehr ganz allmählich ab-
t bis zu einem relativen Tiefststand. Bei einer dritten Art schliess-
iegt der weiteste Abstieg gleich nach dem steilen Stück, während
lann die Kurve wieder etwas hebt, um horizontal, oder leicht an-
end, weiterzuverlaufen. Der folgende Anstieg der Kurven während
useinanderweichens der Stimmlippen erfolgt meistens in gewohn-
rt ziemlich steil. Aber auch hier sieht man oft Unregelmässigkei-
d Knotungen. Die Zeit der weitesten Öffnung der Stimmritze ist,
an im Diaphanogramm leicht erkennt, häufig verkürzt. Oft wird
olle Lichtstärke gar nicht erreicht. Im Diaphanogramm fällt uns
neben dem unvollkommenen Verschluss der Stimmritze auch eine
nderte Öffnung, sowie eine Unregelmässigkeit der glottischen Be-
gen auf.
honatorischen Schwingungen setzen nach dem Gipfel der respirato-
en Glottographie bzw. nach dem steilen Abfall der Diaphanogra-
in. Es darf uns im übrigen nicht wundern, dass die Glottographie
inen deutlichen Gipfel zeigt, während die Stimmritze nach dem
anogramm nicht vollkommen verschlossen ist. Die Lücke be-
nkt sich ja auf die pars intercartilaginea, so dass sich die partes
ulares der Stimmlippen ohne weiteres in grosser Breite aneinan-
gen können, was die Ausbildung der Kuppel bewirkt. Die phonato-
en Oszillationen halten an, bis sich die Glottis zur endgültigen ra-
Erweiterung anschickt. Neben dem spindelförmigen Beginn der
llen Schwingungen fällt uns vor allem deren unregelmässige Am-
e auf, nach CHEVRIE ebenfalls ein Zeichen der Mutationsstimme
Glottographie. Am Ende klingen die phonatorischen Schwingen
schneller ab, als die begann, hören aber keineswegs plötzlich

ritischer Betrachter wird vielleicht einwenden, dass es all die ge-
en Zeichen auch bei Gesunden ausserhalb der Mutation gibt. Dem
wir aber entgegen, dass wir solche Unregelmässigkeiten bei
den nur in Verbindung mit einer Irritation des Larynx durch die
sonde sahen, während sie hier bei ungestörter Stimmgebung auf-
. Ein Offenbleiben der Glottis sehen wir bei einer ungestörten
tion sonst auch nicht, ebensowenig dürfte sie sich bei der verhält-
ssig harten Stimmgebung frühzeitig öffnen.

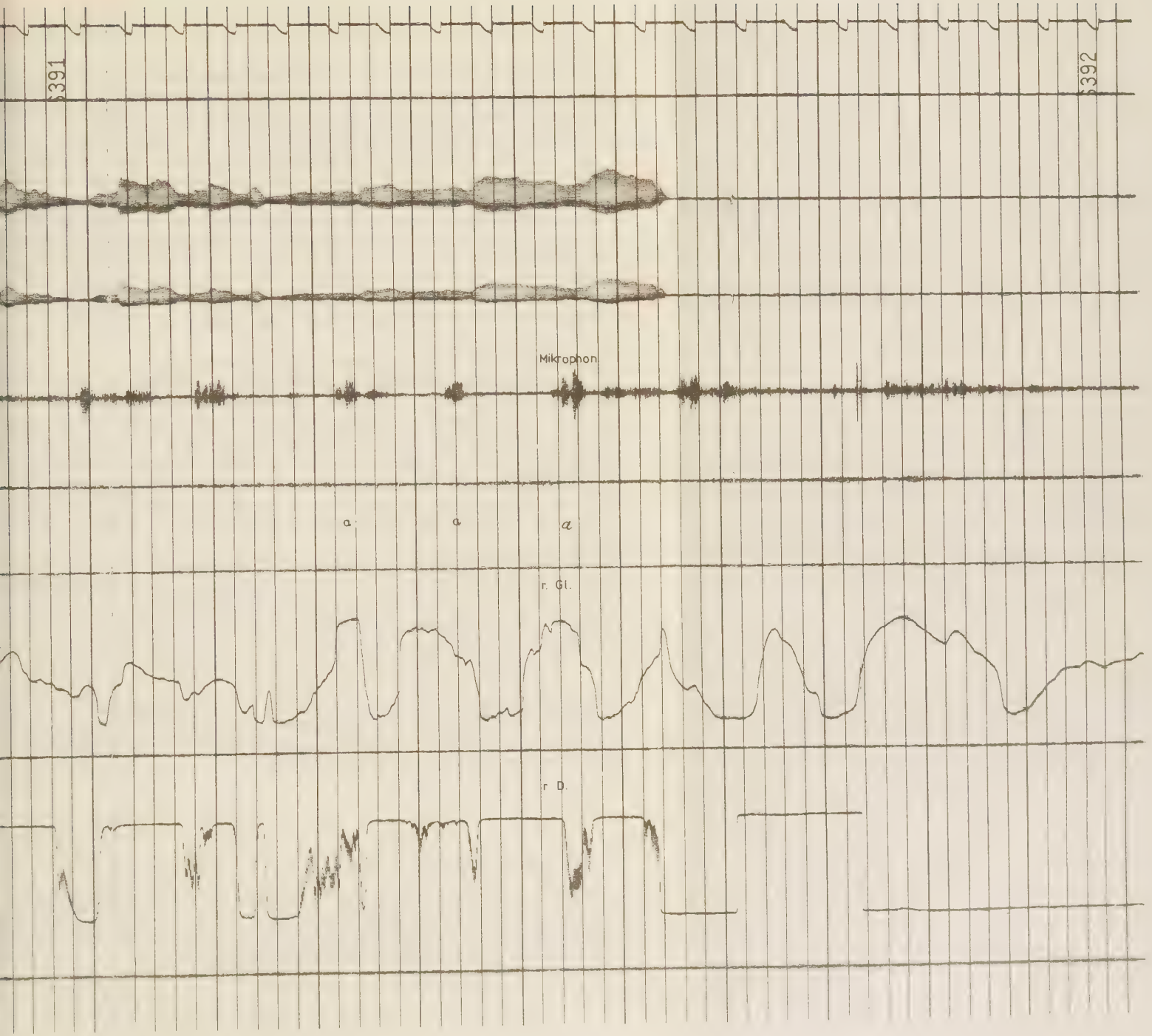
C. FUNKTIONELLE STIMMSTÖRUNGEN

Wie schon erwähnt, untersuchten wir auch eine Anzahl Patienten, wegen funktioneller Stimmstörungen die Stimm- und Sprachabteilur der HNO-Klinik aufsuchten. Die Zahl der von uns Untersuchten n den jeweiligen Beeinträchtigungen der Stimme erscheint uns zwar zu klein, um eine statistisch gültige Aussage machen zu können, d zu ihrer Diagnostik mittels der von uns angewandten Technik führe könnte, Wir weisen aber im Folgenden auf Kriterien hin, die nach serer Meinung glottographische bzw. diaphanographische Erschein gen eben dieser Störungen sind. In Verbindung mit anderen Arbeite kann dies wohl auch beitragen zu einer Diagnostik dieser Krankhei bilder durch unsere Versuchsanordnung.

1. Internusparese

Unter Parese versteht man eine motorische Schwäche bzw. unvolls dige Lähmung eines Muskels. Diese kann ihre Ursache sowohl im kel selbst wie auch in einer Verletzung oder Krankheit des ihn ver genden Nerven haben. Häufig sind Paresen gerade der Stimmuskul auch psychisch bedingt.
Im gezeigten Fall war keine anatomische oder physiologische Ursa der Störung zu eruieren. Leider wirkten während des Versuches s starke Störungen von aussen auf die Apparatur, dass es uns nicht lich war, eine brauchbare Aufzeichnung der schnellen Bewegungen Glottis zu bekommen. Um zeitliche Beziehungen der Phonation zu respiratorischen Glottisbewegungen darzustellen, verwenden wir d halb die Phonographie.

Schon bei Versuchsbeginn stellen wir zweierlei auf den ersten Blic fest. Erstens macht das Kurvenbild in vielen Zyklen einen recht u gelmässigen Eindruck. Die Amplituden der einzelnen Zyklen sind verschieden gross, die bei Gesunden beobachteten Wellenbewegung haben hier sägezahnartigen Charakter. Zweitens sind aber auch di einzelnen Phasen des Glottogramms in aufeinanderfolgenden Kurve sehr verschieden lang, während sie bei Gesunden immer ungefähr che Dauer haben.
Der Anstieg der Kurve vom Punkt des geringsten kapazitativen Wi standes geschieht in manchen Aufzeichnungen recht schnell, innerh von 0,3 sec. In unmittelbar benachbarten Kurven kann dieselbe E wegung aber schon über eine Sekunde beanspruchen. Dieselben gro Differenzen sehen wir in der Kuppel des festen Glottisschlusses. dauert von 0,2 bis zu einer Sekunde. Der folgende Abfall während


6391
6392
Mikrophon
a
a
a
r. Gl.
r. D.

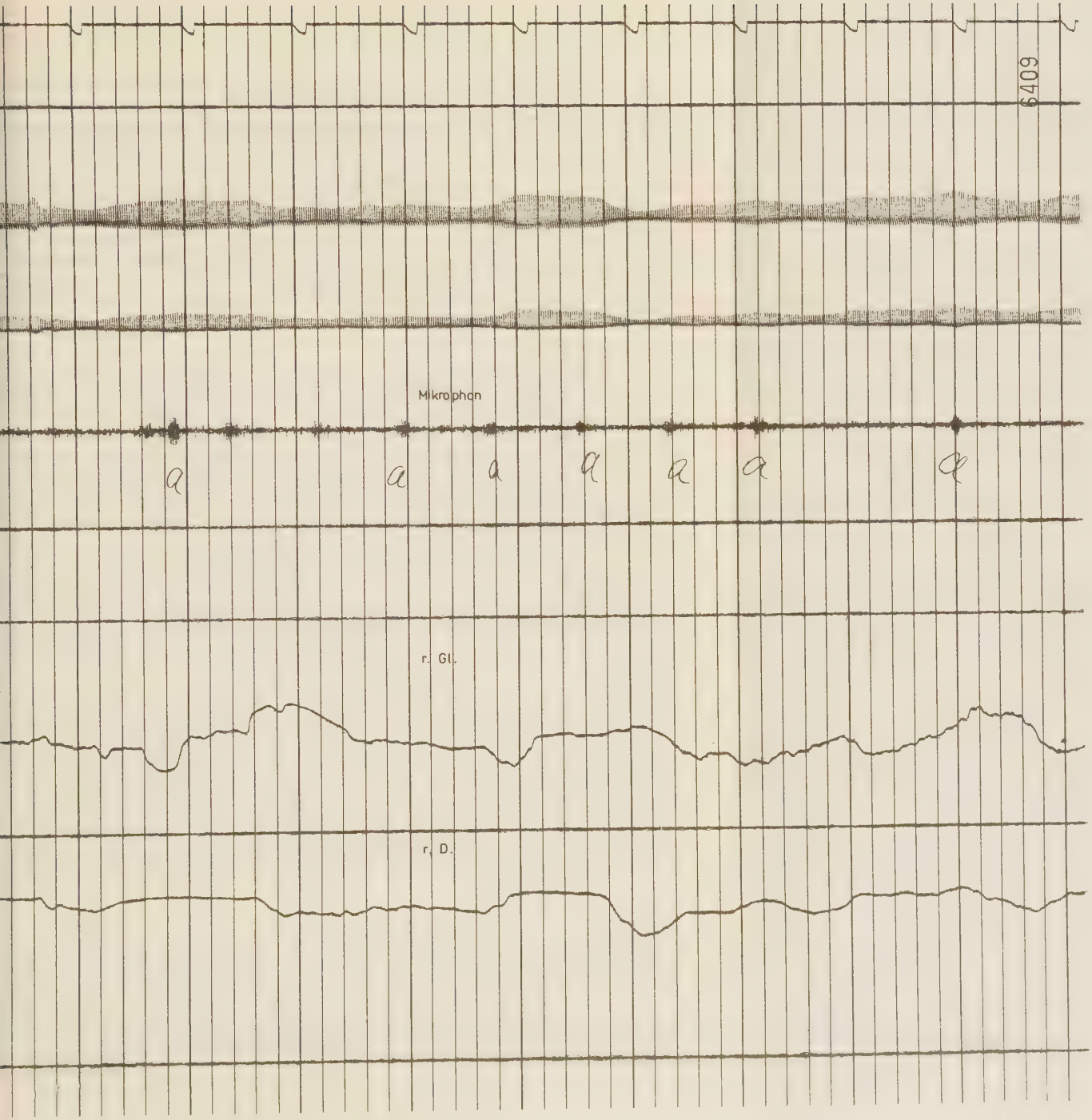
Inspiration kann glatt oder in mehreren Zacken verlaufen. Er ist zwischen 0,2 und 0,8 sec. lang. Der gesamte respiratorische Schwingungsablauf beansprucht eine Zeit von 2 bis 2,4 Sekunden.
In der respiratorischen Diaphanographie (beide Kurven verlaufen hier gleich) nimmt die Lichtintensität häufig nicht bis zum Nullpunkt ab, die rima glottidis schliesst sich also nicht ganz. Wenn es aber zu einem guten Verschluss der Glottis kommt, so wird er in der Diaphanographie erstaunlicherweise häufig eher gezeigt als in der Glottographie und hält auch länger an. Manchmal fällt das Diaphanogramm zwischen zwei Intonationen für nur 0,2 bis 0,6 sec. keilförmig ab, um sogleich wieder zum Glottisschluss anzusteigen, während das Glottogramm während der Inspiration langsamer und fast bis zur maximalen Widerstandszunahme abfällt und dann auch langsamer wieder ansteigt.

Im Laufe des Versuches gelang es der Patientin immer schwerer auch nur einigermassen vernehmlich zu phonieren. Die schon anfangs starke verhauchte Stimme war kaum noch zu hören. In unseren Aufzeichnungen treten jetzt noch viel grössere Ungereimtheiten auf. Die glottographischen und diaphanographischen Ausschläge zeigen trotz gleicher Verstärkung viel geringere Amplituden. Beide Kurven verlaufen nur noch angedeutet parallel zueinander. In allen Abschnitten treten grössere und kleinere Zacken auf, die oft nur in einer der beiden Ableitungen zu sehen sind. Die Phonogramme werden immer kleiner und undeutlicher.
Überhaupt ist eine feste Beziehung der Tongebung zu einer bestimmten Stellung der Stimmlippen aus den Zeichnungen kaum noch ersichtlich. Die phonatorischen Ausschläge liegen häufig über einem recht tiefen Abschnitt des respiratorischen Glottogramms. Das Diaphanogramm zeigt dann zwar nie einen ausgesprochenen Tiefpunkt, aber häufig doch noch eine beachtliche Lichtstärke, also eine relativ weite Stimmritze.

Zusammenfassend fällt uns also bei der Internusparese vor allem eine schlechte Koordinierung der glottographischen und diaphanographischen Kurven auf, sowie eine starke Unregelmässigkeit aller Kurven und ein Phonation bei noch weit geöffneter Glottis.

2. Hypokinetische Störung nach Laryngitis

Die Hypokinese des Larynx, von LUCHSINGER mit dem Begriff der Mikrophonie verbunden, äussert sich in einer Hypotonie der Phonationsmuskulatur, einer herabgesetzten Spannung der Stimmbänder und manchmal in einem ungenügenden Stimmritzenverschluss.


6409
Mikrophon
a a a a a a a
r. Gl.
r. D.

Im gezeigten Fall dauert der Anstieg des respiratorischen Glottogramm trotz des Versuches mit möglichst hartem Stimmeinsatz zu sprechen, 0,6 bis 1,0 sec. Die Annäherungsbewegung der Stimmlippen geht also hier kaum über die Zeit hinaus, wie wir sie sonst beim normalen Stimmeinsatz sehen. Nach Erreichen des höchsten Punktes fällt die Zeichnung nach einer mehr oder weniger deutlichen Kuppelbildung langsam wieder ab. Die grosse zeitliche Ausdehnung dieses Abfalls, sowie die geringe Amplitude der Ausschläge sind durch die lange Tonhaltedauer bzw. geringe Verstärkung bedingt und dürfen uns nicht zu Fehlinterpretationen verleiten. Der bei der harten Beendigung des Tones sehr steile Abfall der respiratorischen Glottographie ist aber hier mit 0,3 bis 0,4 sec. wieder deutlich verlängert.

Die gegensätzlich gepolte Diaphanographie beginnt ihren Abstieg wieder einige Zehntel Sekunden später und vollendet ihn früher. Die Differenz zwischen beiden kann dabei von 0,2 bis zu 0,8 sec. betragen. Oft nimmt die Lichtstärke in der Diaphanographie sogar noch zu, während die Glottographie schon ansteigt. Ob die Stimmritze mit Erreichen des Tiefpunktes im Diaphanogramm wirklich ganz verschlossen ist, lässt sich nicht sicher erkennen. Ein deutliches Verschlussplateau ist jedenfalls nicht ausgebildet, sondern die Spur steigt zunächst leicht, dann etwas schneller, wieder an. Es dringt also während des grössten Teils der Phonation sicherlich zunehmendes Licht durch die Glottis. Nach Absetzen des Tones ist der normalerweise auftretende raschere Anstieg der Diaphanographie nicht in allen Fällen zu erkennen. Aber auch wenn er auftritt ist er, verglichen mit dem fast senkrechten Wiederanstieg bei der normalen Glottisöffnung, stark verlängert (0,4 sec. und mehr).
Die phonatorischen Schwingungen beginnen in der Glottographie wie in der Diaphanographie in der Regel erst, nachdem in beiden respiratorischen Ableitungen die weiteste Annäherung der Stimmlippen schon erreicht ist. Des öfteren bemerken wir aber ihren Start auch schon bei geöffneter Glottis. Die Oszillationen schwellen vor allem in der Diaphanographie deutlich an. Sie sind während der langen Tondauer nur scheinbar gleichmässig hoch. Bei Lupenbetrachtung wechselt die Amplitude von Schwingung zu Schwingung beträchtlich. Auch dies ist ein Zeichen der Stimmstörung. Das Ende der Tongebung erfolgt so allmählich wie ihr Beginn.

Anschliessend zeigen wir zum Beweis des eben gesagten Bilder einer funktionellen Hypokinese bei schnellerer Laufgeschwindigkeit des Papiers. Der auch unter gesunden Personen aufgeführte Proband bot während des hier zur Debatte stehenden Versuches deutliche Zeichen einer Laryngitis. Die Stimme war undeutlich und heiser, der Rachen- und Kehlkopfraum waren entzündlich gerötet, es bestanden starker Husten-

Hypokinetische Stimmstörung nach
Laryngitis
VP K. Jahnke
30 mm/sec.
im Schreibbereich
gegensätzliche Polung

TAFEL 17

reiz und Räusperbedürfnis.
Im Gegensatz zum oben gezeigten harten Stimmeinsatz desselben Patien-
ten, bei dem wir einen plötzlichen Beginn der schnellen Schwingungen
mit grösster Amplitude sahen, wachsen diese hier nur allmählich an.
Auffallend sind die beträchtlichen Schwankungen der Ausschlagshöhe
von einer Tonschwingung zur andern. Es besteht auch eine Diskrepanz
zwischen den glottographischen und diaphanographischen Ausschlägen.
Oft nimmt in ersteren die Amplitude ab, während sie in letzteren zu-
nimmt und umgekehrt. Schon 0,2 sec. vor Beginn des Tones sieht
man im Glottogramm oft präparatorische Zuckungen, die sich nicht im-
mer im Diaphanogramm ausdrücken. Die Zeichnungen klingen in bei-
den Spuren auch wieder spindelförmig aus.

Ein kurzer Blick auf die respiratorischen Kurven zeigt uns, dass hier
beim gleichen Probanden, bei dem diese beim harten Stimmeinsatz das
Annähern der Stimmlippen in weniger als 0,1 sec. anzeigten, der
respiratorische Anstieg bzw. Abfall 0,4 sec. und länger dauert.
Dies, obwohl sich der Patient bemühte, genau so hart zu phonieren.
Beim Einsatz der tonfrequenten Schwingungen ist das respiratorische
Diaphanogramm oft noch nicht auf seinem Tiefpunkt angelangt und steigt
auch schon vor Ende des Tones wieder an. Es fällt also Licht durch
die rima glottidis.
Die zeitlich verlängerte Einstellungsbewegung bei funktionell hypokine-
tischen Stimmstörungen beobachten auch LOEBELL, BÜRGER und an-
dere, die respiratorische und phonatorische Glottisbewegung getrennt
aufzeichneten. Ebenso erwähnen diese auch die grossen Schwankungen
der Ausschlaghöhe der schnellen Anteile. LUCHSINGER, BERENDES
und andere führen eine Verschlussinsuffizienz als Kennzeichen der Hy-
pokinese an.

3. Perverse Mutation und leichte Hypokinese

Unter perverser Mutation verstehen wir eine Änderung der Stimme
beim weiblichen Geschlecht, wie sie während der Mutation in physiolog
scher Weise bei Männern auftritt. Die weibliche Stimme wird dabei al-
so zu tief und erreicht manchmal fast eine männliche Tonlage. Als Ur-
sache kommen neben psychischen und hormonellen Faktoren in neuerer
Zeit auch zunehmend iatrogen bedingte Veränderungen in Frage. Auch
bei unserer Patientin trat die Abnormität nach der Behandlung mit dem
Anabolikum Primobolan auf. Daneben besteht wohl schon seit längerer
Zeit eine psychisch und konstitutionsmässig bedingte leichte Hypokine-
se.

Hypokinetische Stimmstörung bei
leichter Laryngitis
VP G. Börner
200 mm/sec.
im Schreibbereich

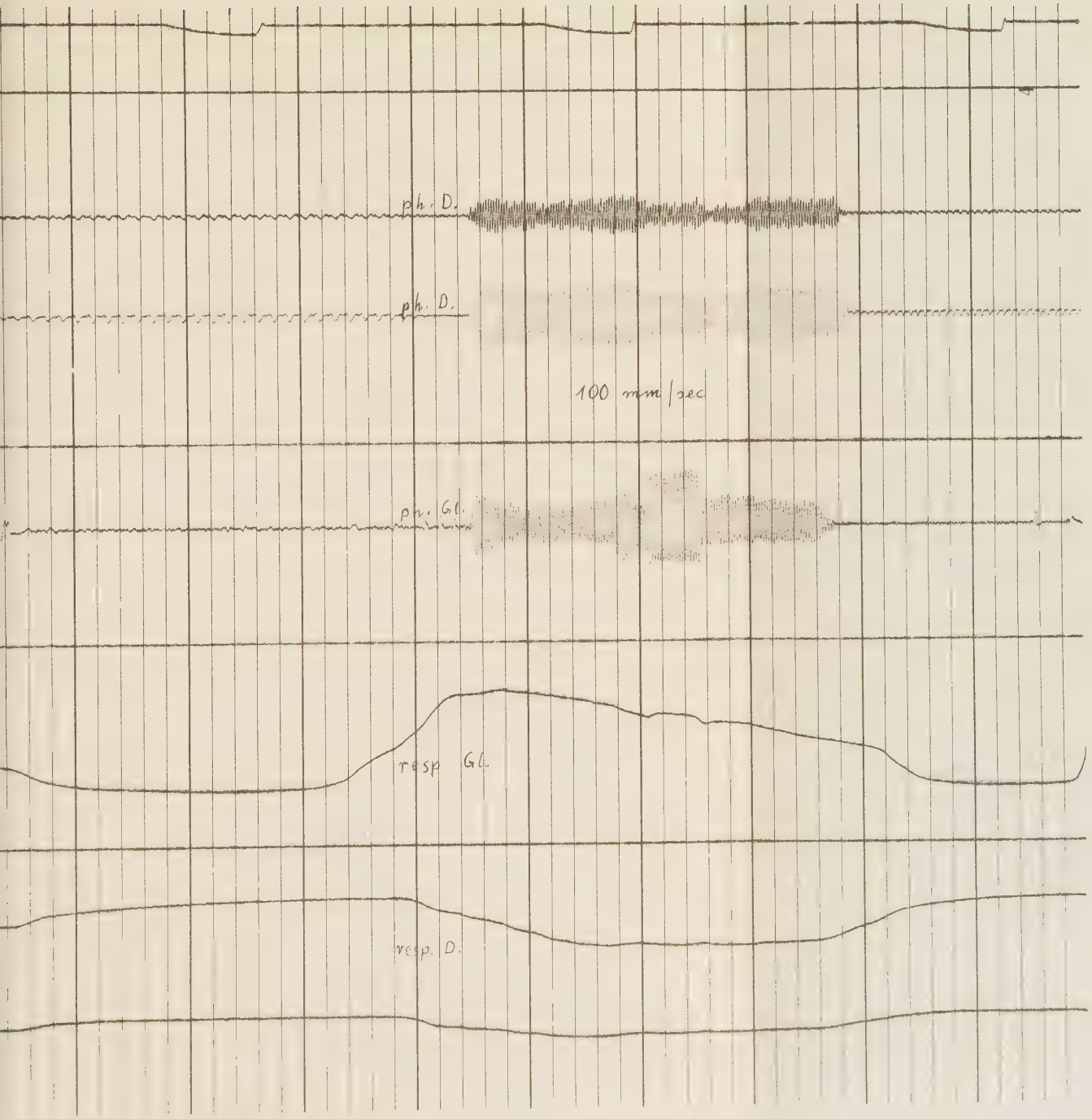
TAFEL 18

Der Anstieg des respiratorischen Glottogramms erfolgt auch bei grösster Anstrengung meistens nicht unter 0,3 bis 0,4 sec. und erlangt somit nur Werte, wie sie beim Gesunden beim normalen Stimmeinsatz auftreten. Die parallel gezeichnete Diaphanographie steigt wie gewohnt wieder etwas steiler an. Manchmal beginnt sie aber, was man bei Gesunden kaum sieht, schon etwas früher als erstere und verläuft dann flacher.

Die folgenden Auffälligkeiten zeigen aber eklatantere Unterschiede zu Normalpersonen. Wir sehen hier wieder sehr ungleiche benachbarte Zyklen, wie wir sie unter anderem auch während der physiologischen Mutation beobachteten. Die Kuppel des festen Glottisschlusses schwankt zwischen 0,4 und einer Sekunde. Der folgende Abfall von 0,8 bis 1,2 Sekunden, währenddessen die phonatorischen Schwingungen anhalten, verläuft entweder steil oder flach, gezackt oder ziemlich glatt. Die Amplitude der einzelnen Schwingungen ist recht verschieden gross. Oft zeigt sich nach einem anfänglich normalen Ansteigen der Kurve statt der gewohnten weiteren Verlaufsform nur ein sägezahnartiger Verlauf auf halber Höhe der maximalen Widerstandsabnahme. Der am Ende der Intonation immer auftretende steilere Abfall beansprucht 0,4 Sekunden.

Die freien Ränder der Stimmlippen, also die Stimmbänder, schwingen im Vergleich zu den Gesamtbewegungen der Glottis doch viel regelmässiger. Auf der Höhe ihres Verlaufs angelangt, bildet die Diaphanographie zunächst meistens ebenfalls eine kleine Kuppel (0,4 bis 0,6 sec.) und fällt dann wieder mässig ab. Die weiteste Annäherung der Stimmlippen kann also nur kurze Zeit gehalten werden. In den meisten Fällen wird sogar ein lichtdichter Verschluss der Stimmritze gar nicht erreicht, wie uns die verminderte und recht unterschiedliche Höhe in den einzelnen Schwingungsabläufen anzeigt. Am Ende der Phonation fällt die Kurve in etwa 0,4 sec. zum Niveau der weiten Glottisöffnung ab, die Bewegung ist also gegenüber der normalen oder gar ausgesprochen harten Beendigung des Tones verlängert.

Ein plötzlicher Beginn der schnellen Oszillationen mit voller Amplitude gelingt in der phonatorischen Glottographie fast nie, in der Diaphanographie nie. Die Ausschläge wachsen, nachdem die Stimmlippen ihre weiteste Annäherung meistens schon erreicht haben, spindelförmig an, und klingen am Beginn der respiratorischen Glottisöffnung ebenso aus. Bei Lupenvergrösserung erkennt man, dass die scheinbar gleichmässigen Zuckungen aus einer Vielzahl von Oszillationen mit sehr verschiedener Amplitude bestehen. Man zählt eine Frequenz der schnellen Anteile von etwa 160 bis 170 Schlägen pro Sekunde. Für eine Frau ergibt sich somit eine recht tiefe Sprechstimmlage (LINDNER).


ph. D.
ph. D.
100 mm/sec
ph. Gl.
resp Gl.
resp. D.

Perverse Mutation und leichte
Hypokinese
VP E. Herrmann
15 mm/sec.
im Schreibbereich,
gleichsinnige Polung

TAFEL 20

VII. DISKUSSION DER ERGEBNISSE, VERGLEICH MIT DER LITERATUR

NORMALER STIMMEINSATZ

Die Stimmlippen rücken beim normalen Stimmbeginn zunächst für 0,8 bis eine Sekunde langsam, dann in rasch immer schneller werdendem Tempo aufeinander zu. Im letzten Teil des Anstieges verlaufen sowohl die Glottographie wie auch die Diaphanographie praktisch senkrecht. Nachdem nach 1,2 bis 1,4 sec. der Verschluss der Stimmritze erreicht ist, was wir am besten aus dem respiratorischen Diaphanogramm ablesen können, lagern sich die Stimmlippen aber noch dichter und in grösserer Breite aneinander. Die Glottographie steigt nämlich von diesem Punkt an noch zu einer Kuppel von 0,4 bis 0,6 sec. Dauer an. Der Moment, in dem sich die Stimmlippen in solcher Dicke aneinanderlagern, dass die langsamen Veränderungen des Lichtstromes im Diaphanogramm aufhören, wird auch im Glottogramm markiert. Nach einem relativ glatten und sehr steilen Stück des Anstieges bildet die Kurve hier einen kleinen Absatz und verläuft dann oft wellig weiter nach oben, oder steigt wieder steil an. Wir können also im Glottogramm drei verschiedene Phasen des Näherrückens der Stimmbänder unterscheiden, während im Diaphanogramm meistens nur zwei davon sichtbar werden, da sich die Verdickung der Stimmlippen nach dem Aneinanderlagern der Stimmbänder in diesem nicht mehr ausdrückt.
Die Phonation beginnt in der Regel erst, nachdem sich die Stimmbänder schon aneinandergelagert haben, meistens sogar erst, nachdem das Glottogramm weiter zum festen Verschluss der Stimmritze angestiegen ist. Aber auch während der Phonation ist noch eine fortlaufende Schliessungsbewegung der Stimmlippen durch breiteres Aneinanderlagern möglich. Während im folgenden der feste Verschluss der Stimmlippen schon wieder gelockert wird, halten die tonfrequenten Oszillationen in voller Grösse an. Erst wenn auch die Stimmbänder in ihrer langsamen Bewegungskomponente wieder auseinanderweichen, hören die schnellen Schwingungen. auf. Manchmal reichen sie auch noch ein kleines Stück in das respiratorische Auseinanderweichen der Glottis hinein. Dies ist dann verbunden mit einem besonders weichen Ausklang der Stimme. Die Phonatorischen Oszillationen der Stimmlippen zeigen häufig leichte Schwankungen der Amplitude. Sofern dieses Auf- und Ab der Schwingungsweite einigermassen regelmässig verläuft, bringen wir es, wie LUCHSINGER und BERENDES, in Verbindung mit einem Vibrato der Stimme. Mit FABRE stimmen wir in der Beobachtung überein, dass sich der phonatorische Beitrag des Larynx in der Phase des anwachsenden, wie des abnehmenden Tonus des Glottisverschlusses gleich gut darstellt. Dass, wie er ebenfalls sagt, für ein Vibrieren der Stimme

'onus der respiratorischen Glottisschwingungen eine periodische
ınd Abnahme zeigen muss, konnten wir allerdings nicht immer
ı. Wir glauben nicht, dass dies auf eine weniger empfindliche Ver-
ung in unserer Apparatur zurückzuführen ist, da, wie erwähnt,
hmal die viel schnelleren und schwächeren phonatorischen Schwin-
en in den respiratorischen Aufzeichnungen durchschlagen.

TER STIMMEINSATZ

betont harten Stimmeinsatz erfolgt das Zusammenrücken der
nlippen vor Beginn der Phonation ausserordentlich rasch, in we-
als 0,1 sec. Die Stimmlippen wandern hier in solcher Breite
nander zu, dass mit dem Aneinanderlagern der Stimmbänder auch
ı die Kuppel des festen Glottisschlusses im Glottogramm erreicht
Diese dauert etwa 0,8 sec. und ist damit bei einer Gesamtdau-
s Phonationsablaufes von 2 bis 2,4 sec. im Vergleich zum nor-
n Stimmeinsatz etwas verlängert. Wie LUCHSINGER, FABRE,
GER und andere beschreiben, können auch wir zeigen, dass die
ıtorischen Schwingungen erst mit dem festen Verschluss der Glot-
eginnen, manchmal einige hundertstel Sekunden später. Mit BÜR-
und BECK stimmen wir darin überein, dass die phonatorischen
ingungen mit einem Maximum beginnen. Den von ihnen festgestell-
aldigen Abfall der Amplitude konnten wir allerdings nicht sehen.
schliessen uns der Meinung FABREs an, der beobachtet, dass der
während der ganzen Verschlussphase andauert, die meistens eine
lle, oft wellenförmige Abnahme erfährt. In unseren Versuchen
eckt sich diese über 0,8 bis eine Sekunde. Das Nachlassen der
chlusshaltung während der Phonation betrifft den Stand der media-
änder der Stimmlippen allerdings nicht. Diese bleiben nämlich,
ns das respiratorische Diaphanogramm zeigt, in maximaler An-
ung bis zum Absetzen des Tones. Oft folgt die respiratorische
ng sogar erst nach Beendigung der schnellen Schwingungen. Dies
von LUCHSINGER als typisch für das feste Absetzen des Tones
chnet.

WEICHER STIMMEINSATZ

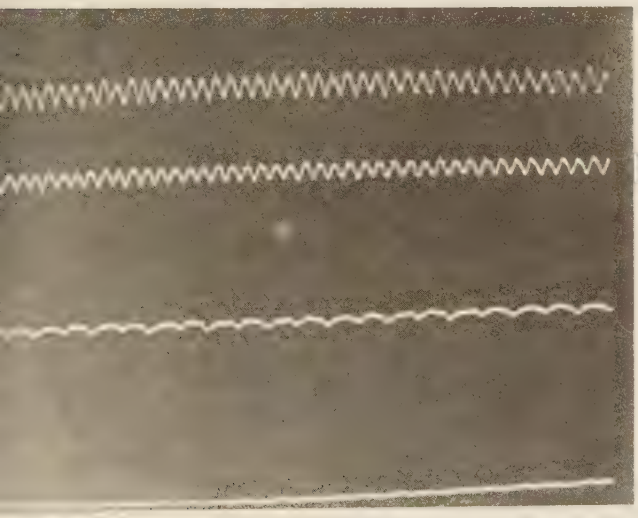
Beim weichen Stimmbeginn rücken die Stimmlippen einander sehr la
sam näher. Wir sehen einen ungefähr gleichmässigen wellenförmige
Anstieg von 1,4 bis 1,6 sec. Dauer. Verhältnismässig früh zeigt u
das Diaphanogramm, dass auch die Stimmbänder aufeinander zuwan-
dern. Ob ein Verschluss der Glottis im Moment des Stimmbeginnes
reicht wird bleibt fraglich, jedenfalls zeigen sowohl Glottogramm wi
Diaphanogramm nur eine kleine Kuppel (0,3 sec.). Der folgende Spa
nungsabfall der Stimmlippen ist mit einem geringen Auseinanderwei-
chen auch der Stimmbänder verbunden. Wir können also die unter an
derem von LUCHSINGER, BERENDES und SCHÖNHÄRL beschrieben
ovoläre bis elliptische Schlussinsuffizienz bei der weichen Stimmge-
bung bestätigen. Nach BÜRGER und FABRE beginnen die phonatori-
schen Schwingungen schon im unteren Teil des respiratorischen Kur
venanstiegs. Diese Beobachtung konnten wir nur in einzelnen Phona-
tionsabläufen bei allen Versuchspersonen machen, während ansonste
die Phonation bei vielen Personen erst nach maximaler Annäherung
der Stimmlippen beginnt. Maximale Annäherung heisst in diesem Fa
allerdings nicht, dass sich die Stimmlippen nicht mehr weiter näher
könnten, sondern bezieht sich nur auf den betreffenden Phonationsab
lauf.
Soweit sich die genannten Autoren mit der Glottographie beschäftigte
erwähnen sie ein gleichmässiges Anschwellen der phonatorischen
Schwingungen am Beginn und ein langsames Abnehmen am Ende der
Phonation. Diese Charakteristika kehren auch in unseren Aufzeichnu
gen bei allen Probanden wieder. Die schnellen Oszillationen setzen
sich noch kurze Zeit in die Phase des respiratorischen Öffnens der
Glottis hinein fort (LUCHSINGER).

AUFZEICHNUNG BEI HOHER LAUFGESCHWINDIGKEIT

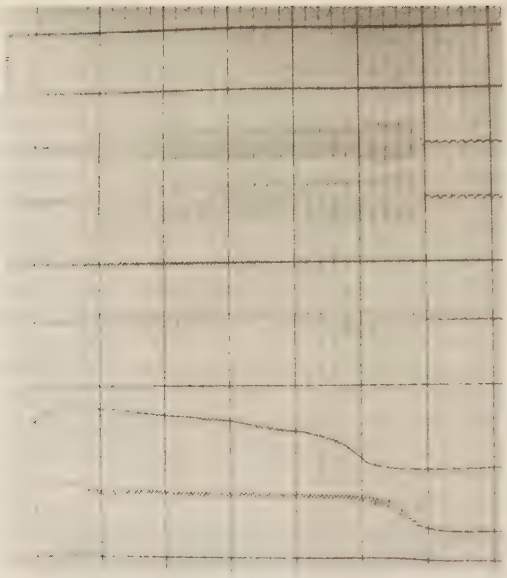
Die Aufzeichnungen der glottographischen und diaphanographischen
ven bei grosser Laufgeschwindigkeit des Papiers dienen uns besonde
zum genaueren Studium der phonatorischen Schwingungen.

Hier zeigt sich besonders deutlich, dass die von BÜRGER und BEC
behauptete rasche Abnahme der Amplitude der phonatorischen Schwi
gungen beim harten Stimmeinsatz bei unseren Versuchspersonen nic
stattfand. Die Oszillationen halten mit grosser Regelmässigkeit bis
zum Ausklingen des Tones an. Übereinstimmend mit FABRE stellen
wir fest, dass sich die phonatorischen Perioden der Glottisbewegun

tisch selbst identisch sind, während die respiratorischen Abläufe
n ihrer langen Dauer in Form und Grösse beachtlichen Schwankun-
nterliegen. In einem gewissen Widerspruch befinden wir uns mit
en Behauptungen zu CHEVRIE und MÜLLER, die drei Gruppen von
nden Versuchspersonen unterscheiden, von denen sich nur bei einer
honatorischen Schwingungen selbst gleichen. GREMY und STRIGLIO
ellen fest, dass Amplitudenschwankungen zwar immer vorkommen,
doch recht klein sind. Kleinere Änderungen könnten natürlich von
rem Schreibegerät infolge seiner verhältnismässig grossen Träg-
verschluckt werden. Tatsächlich sehen wir solche auch bei einer
eichnung durch den Kathodenstrahloszillographen. Auch hier tra-
ie aber nicht so häufig auf, dass wir sie als normales Schwingungs-
er betrachten dürfen.
weichen Stimmbeginn sehen wir in vielen Kurven nach dem An-
ellen der Amplitude im weiteren Verlauf wieder eine leichte Ab-
ne. Bevor der Ton dann allmählich, wie er begann, wieder aus-
t, sehen wir oft nochmals eine kleine Amplitudenzunahme.



nte Unregelmässigkeiten der phonatorischen Schwingungen auf
Oszillographen bei einer gesunden Versuchsperson
E. Huber



Langsame Amplituden-Zu- und -Abnahme der respiratorischen Schw
gungen beim weichen Stimmeinsatz
VP: E. Huber

DISKREPANZEN IN RESPIRATORISCHER GLOTTOGRAPHIE UND DIAPHANOGRAPHIE

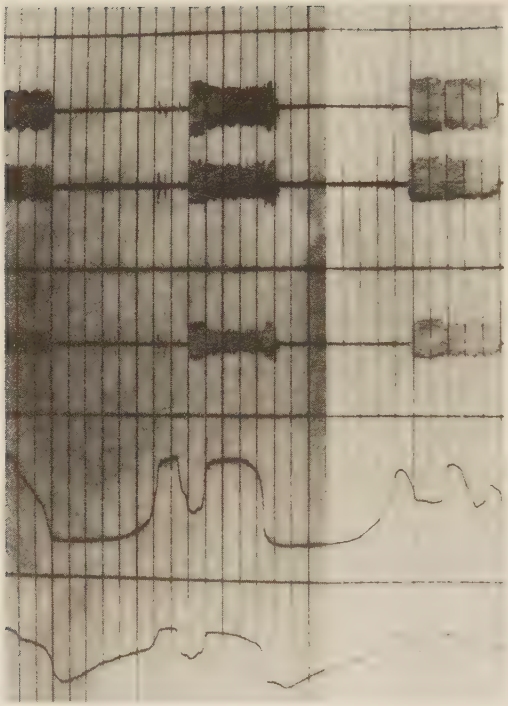
Die auf Seite 54 beschriebenen Unstimmigkeiten zwischen respirator
scher Glottographie und Diaphanographie treten sporadisch bei allen
Versuchspersonen auf. Gehäuft sehen wir solche Diskrepanzen aber
immer dann, wenn die Rachenschleimhaut der Versuchsperson durch
die Photosonde gereizt wird. Es könnten sich dabei etwa folgende Vo
gänge im Kehlkopf abspielen:
Die Stimmlippen wandern zunächst in grosser Breite aufeinander zu.
Durch den Reiz der Sonde bekommen sie dann die Tendenz wieder au
einander zu weichen. Da aber die Versuchsperson die feste Absicht
hat zu intonieren, lagern sie sich nur innerlich um und gehen, wie u
die respiratorische Diaphanographie zeigt, wenigstens noch in dünne

ht aufeinander zu. Sobald die Phonation dann in Gang gekommen gern sich die Stimmlippen dann noch in voller Breite aneinander.

RE beschreibt in seiner Arbeit "Glottographie respiratoire" zu- iche, langsame Schwingungen der Glottographie, die den respira- chen Schwingungsabläufen bei der ruhigen Atmung in regelmässi- Abständen zwischengelagert sind. Diese bezeichnet er als "glotti- Extrasystolen".
solierter Betrachtung nur der Glottographie könnte man auch bei ben beschriebenen Erscheinungen annehmen, es handle sich um e "Extrasystolen". Das respiratorische Diaphanogramm zeigt uns dass es sich dabei nur um innere Umlagerungen der Stimmlippen icht um eigene Schwingungsabläufe handelt.

NATION BEI GEÖFFNETER GLOTTIS

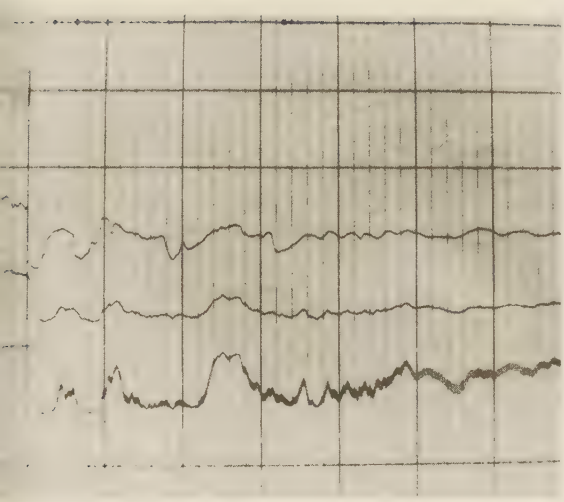
GER, BECK, FABRE, LUCHSINGER und andere verlegen den Pho- nsbeginn beim weichen Stimmeinsatz in die frühe Phase der respi- ischen Annäherung der Stimmlippen. Obschon auch wir den Start chnellen Oszillationen oft schon früh im aufsteigenden Ast der ographie beobachteten, schliessen wir uns dieser Meinung, wie eite 56 dargelegt, nur teilweise an.
gen sehen wir in unseren Kurven häufig ein kürzer oder länger uerndes Auseinanderweichen der Stimmbänder auch während der ation. Anschliessend erfolgt dann häufig wieder ein Verschluss lottis. Dieses Klaffen der Stimmritze tut der Höhe der schnellen lationen keinen Abbruch, im Gegenteil schwellen sie während r Zeit oft sogar an. Dieses Verhalten wundert uns nicht, wenn ns überlegen, dass bei gleichbleibendem subglottischen Druck mplitude der Stimmlippenschwingungen mit deren nachlassender nung anwachsen muss (siehe Seite 18). Der Luftverbrauch wird end solcher Episoden natürlich ansteigen.
sslichere Zeichen des weichen Stimmbeginns scheinen uns, über- immend mit LOEBELL die langsame respiratorische Annäherung timmbänder, sowie ein allmähliches Anschwellen der phonatori- Ausschläge zu sein, während ein Stimmbeginn bei noch geöffne- lottis nicht ausreicht, um unsere Diagnose zu sichern. (Abbildung siehe Seite 87).



Anwachsen der phonatorischen Wingungen während einer kurzen Glottisöffnung
VP: E. Huber

HECHELN

Beim Hecheln sind die einzelnen Abläufe der Glottisbewegungen entsprechend der hohen Atemfrequenz recht kurz (0, 3 bis 0, 5 sec.). Ihre Amplitude ist beträchtlich verkleinert. In den einzelnen Perioden wechselt die Dauer der Verschluss- und Öffnungszeit der Glottis, meistens verlaufen aber beide Bewegungen ungefähr gleich schnell. Einen festen Quotienten Exspirationszeit/Inspirationszeit von 1, 5 wie BÜRGER, konnten wir jedenfalls nicht feststellen. Dagegen sahen wir des öfteren, wie auf Seite 62 gezeigt auch schnelle Schwingungen der Glo



eln ohne phonatorische Ausschläge
W. Reichhart

TEN

einer weiten Öffnung der Glottis erfolgt zunächst ein schneller,
ker Verschluss der Stimmritze. Bei der folgenden Sprengung des
mspaltes durch den hohen subglottischen Druckanstieg treten hohe
atorische Oszillationen auf, die allerdings schnell an Amplitude
hmen und schon nach einer halben Sekunde ganz verschwinden.
es Verhalten beschreibt auch FABRE . Die phonatorischen
ingungen der Glottis können in einigen Fällen auch schon vor dem
iratorischen Verschluss derselben eintreten (Seite 63). Während
RE sagt, der übrige respiratorische Beitrag der Glottis beim Hu-
unterscheide sich nicht von dem beim harten Stimmeinsatz, sehen
doch einige Besonderheiten. Es erfolgen nämlich verhältnismässig
elle Umlagerungen der Stimmlippen, die sich aber nur in verhält-
ässig geringfügigen Bewegungen der Stimmbänder oder deren
hmässigem Auseinanderweichen äussern.

WÜRGEN

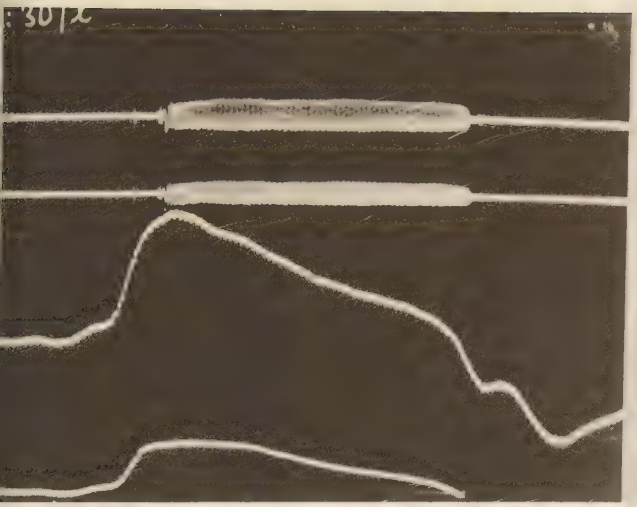
Beim Würgen sehen wir, was ihre langsamen Bewegungen betrifft, zu nächst einen festen Verschluss der Glottis, dann verschieden lange und grosse Phasen der Öffnung und Schliessung. Glottographie und Diaphanographie verhalten sich dabei zueinander ganz anders, als wi es vom normalen Verlauf beim Phonieren gewohnt sind.
Daneben treten vom Verschluss der Glottis an bis zu deren endgültige respiratorischer Öffnung nach Aufhören des Würgreizes auch schnell Zuckungen auf. Diese liegen jedoch soweit auseinander und sind so un regelmässig, dass es sich dabei kaum um selbsterregte Schwingunge handeln dürfte, abgesehen von einigen kurzen phonatorischen Beiträ- gen während des ersten Teils des festen Glottisschlusses. Die Frequ der übrigen Ausschläge lässt sich durchaus auf einzelne aktive Muske zuckungen zurückführen.

PRÄPARATORISCHE ZUCKUNGEN

In unseren Bildern sehen wir häufig 100 bis 200 msec. vor Beginn der Phonation einzelne Zuckungen in den schnellen Anteilen der Glot- tisbewegungen. Im Gegensatz zu den Beobachtungen FABREs, BÜR- GERs und BECKs sind diese aber in unseren Aufzeichnungen oft grös ser als die phonatorischen Schwingungen. Wir führen sie wie die ge- nannten Autoren auf schnelle aktive Muskelkontraktionen während der langsamer ablaufenden Einstellungsbewegung der Stimmlippen zurück Sie treten gehäuft, aber nicht nur beim harten Stimmeinsatz, sowie bei Stimmstörungen auf. Daneben sehen wir in den oszilloskopischen Bildern auch kleinere Zuckungen vor Beginn der Phonation, die mit den von FABRE (S. 60) gesehenen Phänomenen identisch sein dürf- ten. LOEBELL deutet diese Zuckungen als Einstellungsbewegungen der Glottis zur Phonation.

PHYSIOLOGISCHE MUTATION

Das Wachstum des Kehlkopfes geht während der Mutation so schnell und in einzelnen Teilen unterschiedlich vor sich, dass das Neuerler- nen der neuromuskulären Kontrolle der Stimmlippenbewegungen dam nicht schritthalten kann (LUCHSINGER).



äparatorische Zuckungen (auf dem Oszillographen)

sprechend sehen wir viele Unregelmässigkeiten im Schwingen der ttis. Die respiratorischen Schwingungsabläufe sind sich untereinander viel weniger gleich als bei normalen Stimmen. Die Unregelmässkeiten des Schwingungsablaufes werden natürlich im Glottogramm ser sichtbar als im Diaphanogramm, da sich nicht jede abnorme skuläre Kontraktion in einer deutlichen Bewegung der Stimmbänder sern muss.

pars intercartilaginea der Stimmritze bleibt während der Phona- häufig in Form des sogenannten Mutationsdreiecks offen (LUCH-GER, BERENDES, SCHÖNHÄRL u. a.). Damit übereinstimmend en wir im Diaphanogramm die Lichtintensität häufig nicht bis zum kt des Glottisschlusses absinken. Im Glottogramm kann infolge fer Aneinanderlagerung der Pars muscularis trotzdem eine deutliche pel entstehen. Dies kann ein Unterscheidungsmerkmal sein gegenr einer Verschlussinsuffizienz, die auch die muskulären Anteile rifft.

tz des Versuches hart zu sprechen, schwellen die phonatorischen schläge spindelförmig an, gleichen also hierin dem weichen Ein-z. Die einzelnen Zuckungen wechseln stark in ihrer Amplitude und genauerem Hinsehen auch in ihrer Frequenz. Der starke Amplitu-

denwechsel wird auch von CHEVRIE und MULLER als Zeichen der Mu tationsstimme angeführt.

INTERNUSPARESE

Bei der Internusparese fallen uns auf den ersten Blick sehr unregelmässige respiratorische Schwingungsabläufe auf. Glottogramm und Diaphanogramm sind schlecht koordiniert, die Bewegungen innerhalb der Stimmlippen äussern sich also nicht im selben Mass wie beim Gesunden in einer Enger-, oder Weiterstellung der Stimmritze. Dies bedeutet aber eine schlechte Ökonomie der Muskelbewegungen. Bald tritt deshalb eine Ermüdung ein und die Amplitude der respiratorische Ausschläge nimmt stark ab. Die verminderte Muskelkraft bewirkt auc eine verlängerte Einstellungsbewegung der Stimmlippen. Diese Beobachtungen finden sich auch bei BÜRGER bzw. LOEBELL.
Eine Folge der Schwäche ist es auch, dass die Spannung der Stimmlippen dem subglottischen Druck nicht standhält. Mit fortschreitender Ermüdung weichen deshalb die Stimmbänder bei der Phonation auseinander, oder es kommt gar nicht bis zu einer deutlichen Annäherung. Das Glottogramm befindet sich während der Phonation manchmal fast auf seinem Tiefpunkt, wogegen das Diaphanogramm doch noch eine gewisse Adduktionsstellung der Stimmbänder anzeigt.

HYPOKINETISCHE STÖRUNG NACH LARYNGITIS

In Einklang mit LOEBELL stellen wir bei hypokinetischen Stimmstörungen eine verlängerte Einstellungsbewegung der Glottis fest (0,6 bis 0,1 sec.), obwohl der Patient versucht, mit möglichst hartem Stimmeinsatz zu sprechen. Häufig, aber durchaus nicht immer, setzen die phonatorischen Schwingungen schon während des Näherrückens der Stimmbänder ein. Die tonfrequenten Oszillationen sind gekennzeichnet durch stark wechselnde Amplituden. "Unregelmässigkeiten die regelmässig auftreten" wie sie SCHÖNHÄRL und BECK feststellten, konnten wir in unseren Aufzeichnungen nicht finden. Einen unvollkommene Glottisschluss beschreiben bei hypokinetischen Störungen viele Autore (LUCHSINGER, BERENDES, SCHÖNHÄRL, SEEMAN usw.). Diesen

en wir in unseren Kurven fast immer.
e respiratorische Annäherung der Stimmlippen in mehreren Phasen,
sie LOEBELL als typisch angibt, sahen wir häufig auch bei Gesun-
. Möglicherweise war dies in manchen Fällen durch die nicht ganz
siologischen Versuchsbedingungen verursacht.

RVERSE MUTATION MIT LEICHTER HYPOKINESE

dieser Krankheit finden wir eine weit über das normale Mass hin-
gehende Ungleichheit der einzelnen respiratorischen Abläufe. Wir
erken also in dieser Hinsicht eine Übereinstimmung mit den Eigen-
en unserer Ergebnisse bei der physiologischen Mutation. Ein typi-
es Zeichen für die perverse Mutation ist die für eine Frau recht tie-
Frequenz der Sprechstimme von etwa 170 Schwingungen pro Sekun-
Ferner sehen wir in fast allen Schwingungsabläufen einen unvoll-
menen respiratorischen Verschluss der Glottis während der Pho-
on. Auch die Frequenz der schnellen Oszillationen wechselt etwas.
er Amplitude der einzelnen Zuckungen zeigen sich grosse Unter-
ede.
die letztgenannten Veränderungen auf die perverse Mutation zurück-
en, oder schon vorher, infolge der hypokinetischen Stimmstörung,
anden, lässt sich retrospektiv natürlich nicht sagen.
Glottographie wäre aber gerade wegen ihrer ausgezeichneten Mög-
keiten zur Dokumentation sehr gut dazu geeignet, durch Untersu-
ngen vor Behandlungsbeginn und anschliessende Verlaufskontrollen
olchen Fällen Auskunft zu geben.

VIII. KRITISCHE BETRACHTUNG DER ANGEWANDTEN UNTERSUCHUNGSMETHOD

Die in unserer Arbeit angewandten Verfahren dienen beide der Diagnostik und Aufzeichnung von Bewegungen der Stimmlippen. Dass sie die Schwingungen des Tongenerators Glottis nicht in ihrer natürlichen und dreidimensionalen Form darzustellen vermögen, wird uns aus einer Überlegung ihrer technischen Prinzipien ohne weiteres klar. Jede der beiden Arten der Darstellung stellt nur bestimmte Auswirkungen der komplexen Bewegungen dar, und lässt alle anderen Einzelheiten ausser Acht. Gemäss dem einen Hauptziel unserer Arbeit, die Richtigkeit der glottographischen Aussagen und ihre Zuverlässigkeit im Lichte eines auf ganz anderer Basis arbeitenden Verfahrens darzustellen, sowie zu bestätigen, wurden zwei Arbeitsweisen ausgesucht, die zu einem grossen Teil dieselben Erscheinungen aus der Gesamtheit der Glottisbewegungen darstellen.

Aus der Verschiedenheit ihrer technisch-physikalischen Grundlagen ergibt sich aber auch die Tatsache, dass die Ergebnisse der beiden Untersuchungsarten nicht deckungsgleich sein können. Die Kurven einer jeden Methode müssen uns deshalb neben vielen Gemeinsamkeiten mit denen der anderen auch einige für sie spezifische Charakteristika zeigen, die in den Aufzeichnungen der anderen Art nicht erscheinen. Die Ergebnisse müssen sich also in einigen Punkten unterscheiden.

GLOTTOGRAPHIE

In der Glottographie werden die Stimmlippen als Platten eines Kondensators betrachtet. Bei einem Näherrücken der beiden Platten nimmt die Kapazität eines Kondensators zu und seine Impedeanz proportional dazu ab. Entsprechend dem geringeren kapazitiven Widerstand steigt also die Stromstärke im Anodenkreis jedesmal an, wenn sich die Stimmlippen in ihrer Gesamtheit näherrücken. Dabei wird jedoch nichts ausgesagt über die Bewegungen der einzelnen Teile der Stimmwülste. Aus diesen Erklärungen ergeben sich gewisse Einschränkungen für die Aussagefähigkeit der Glottographie. Eine verhältnismässig geringe Annäherung der Stimmlippen in ihrer ganzen Dicke kann nämlich einen grossen Kurvenanstieg zur Folge haben. Andererseits kann ein fast vollkommener Verschluss der Glottis in nur dünner Schicht sich in einem relativ kleinen Anwachsen der Stromstärke ausdrücken.

vollkommener Verschluss der Stimmritze ist deshalb aus der Glot-
raphie nur mit Vorbehalten abzulesen. Ebenso bedeutet durchaus
ıt jeder Abfall in der Kurve ein Auseinanderweichen der Stimmbän-
. Durch den Vergleich mit der Diaphanographie konnten wir zeigen,
s öfters sogar ein grosser Abfall der Kapazität eintritt, bevor auch
medialen Ränder der Stimmlippen auseinanderweichen. Es musste
ɔ vorher eine erhebliche Verdünnung der Wülste stattfinden. Bei
auem Vergleich der glottographischen und diaphanographischen Kur-
können wir allerdings feststellen, dass es doch gewisse Zeichen
, die auf den Verschluss bzw. das Öffnen der Stimmritze hinwei-
.

r gerade weil sich nicht alle Bewegungen der Stimmlippen nur in
em Näherrücken oder Auseinanderweichen der Stimmbänder äussern,
nen wir durch den Vergleich der beiden Verfahren auch innere Um-
erungen der Stimmlippen erkennen. Viele besondere Arten der Be-
gungen der Stimmlippen, z. B. beim harten oder weichen Stimmein-
z, sowie die meisten funktionell und anatomisch bedingten Störun-
der Stimmbildung drücken sich deutlich in den glottographischen
rven aus. Der Wert der Glottographie für die Diagnostik und Doku-
ntation in der klinischen Arbeit, wie auch zur genaueren Erforschung
Glottisbewegungen, kann deshalb kaum noch bezweifelt werden.

einer kritischen Betrachtung dieser Methode dürfen wir auch nicht
ser Acht lassen, dass sie ohne die geringste objektive und kaum
e subjektive Belästigung für den Patienten durchgeführt werden kann.
können deshalb sicher sein, dass das Schwingungsmuster der
mmlippen nicht durch die Versuchsbedingungen künstlich verändert
d.

PHANOGRAPHIE

Diaphanographie registriert nur Änderungen des Lichtflusses durch
Glottis. Das durchfallende Licht aber wird moduliert durch Bewe-
gen der freien Ränder der Stimmlippen, oder bei inneren Umlage-
gen, die die Wülste wenigstens teilweise so verdünnen, dass Licht
ch sie scheint. In der Praxis dürfte die Bewegung der medialen
eile das wesentlich häufigere Vorkommnis sein.

Diaphanographie ist von ihrer technisch-physikalischen Grundlage
viel besser geeignet, den Moment des Aneinanderlegens bzw. Aus-

einanderweichens der Stimmbänder deutlich anzuzeigen, als die Glottographie. Allerdings dürfen wir auch hier nicht jeden Gipfelpunkt, oder - bei anderer Polung - Tiefpunkt der Kurve als Zeichen des festen Glottisschlusses betrachten. Ein sicherer Hinweis dafür kann uns nur eine ausgeprägte Gerade in der Kurve nach Anzeichen eines grösseren Lichtabfalles sein. Dabei müssen wir auch immer darauf achten, dass sich die Kurve innerhalb des Schreibbereiches des Gerätes bewegt. Eine kleine, runde Kuppel in der Diaphanographie, wie wir sie häufig beim weichen Stimmeinsatz sehen, muss also keineswegs bedeuten, dass sich die Stimmbänder in diesem Moment berühren. Während uns aber ein Abfall des Glottogrammes vom Gipfelpunkt keine Auskunft gibt über eine tatsächliche Öffnung der Glottis, dürfen wir eine solche annehmen, sobald sich das Diaphanogramm von der Horizontalen des Glottisschlusses entfernt. Der Wert der Diaphanographie tritt also immer dann besonders hervor, wenn wir prüfen wollen, ob bestimmte Stimmphänomene mit einem unvollkommenen Schluss der Stimmritze einhergehen. Dabei bleibt es ohne Bedeutung, ob diese Lücke physiologischer Art ist, wie beim weichen Einsatz der Stimme, oder durch krankhafte Störungen bedingt.
Bei einer Bewertung der durch die Photozelle aufgenommenen Kurve, müssen wir auch immer daran denken, dass hier die Vereinfachung des Schwingungsbildes der Stimmlippen noch weiter geht, als im Glottogramm. Erstens bleiben dabei alle Umlagerungen der Stimmlippen die den freien Raum zwischen ihnen nicht verändern, unberücksichtigt, zweitens ist der Abstand der Stimmbänder bei weit geöffneter Glottis grösser als der Durchmesser der Photosonde. Eine Schliessungsbewegung der Stimmlippen beginnt deshalb im Diaphanogramm verspätet, erreicht aber ihr Ende gleichzeitig mit dem tatsächlichen Glottisschluss. Umgekehrt wird der Beginn der Öffnung der rima glottidis zwar im richtigen Augenblick angezeigt, dann aber die volle Lichtintensität schon vor Erreichen der maximalen Weite registriert. Anstieg bzw. Abfall der Kurven verlaufen also im Diaphanogramm in der Regel zu steil.

Der Diaphanographie müssen wir zur Last legen, dass sie den Patienten in erheblichem Masse belästigt. Durch den unangenehmen Würg- und Hustenreiz, den die Sonde bei Berührung der Schleimhaut verursacht, sind viele Patienten ängstlich und verkrampft. Dadurch wird in manchen Fällen vielleicht sogar das physiologische Bewegungsmuster der Stimmlippen beeinflusst. Diese Vermutung drängte sich uns vor allem bei gehäuftem Auftreten sog. Glottischer Extrasystolen (nach FABRE) auf.
Während der Proband bei der glottographischen Untersuchung frei singen und sprechen kann, ist das Spektrum der in der Diaphanographie

untersuchender Phänomene sehr eingeschränkt. Nicht nur, dass die rsuchsperson nur einzelne Vokale intonieren kann, wir erhalten auch ne brauchbaren phonatorischen Aufzeichnungen bei Versuchen mit Kopfstimme, oder obertonreiche Vokale, wie "e" oder "i" zu spre-en. Die Kurvenbilder von "o" und "u" unterscheiden sich nicht von nen beim "a".

i vielen Personen gelang es uns nicht die Sonde bis über den Larynx zuführen und genügend lange in dieser Stellung zu halten, ohne einen beherrschbaren Würg- oder Hustenreflex auszulösen. Wenn diese erempfindlichkeit in vielen Fällen sicher auch mehr psychisch als rch mechanische Reize bedingt war, zwang sie uns doch oft genug Versuche aufzugeben.

IX. ZUSAMMENFASSUNG

Die Glottographie stiess bei ihrer Einführung in München noch auf weit verbreitete Skepsis. Obwohl sie in der Zwischenzeit an einigen hundert Patienten und Gesunden erprobt wurde und gute, jederzeit reproduzierbare Ergebnisse lieferte, die sich mit den klinisch erhobenen Befunden decken, werden noch immer Zweifel an der Stichhaltigkeit ihrer Aussagen geäussert. Unter anderem behauptet man z. B., dass es sich dabei um eine andere Art der Aufzeichnung von Schallwellen handelt, wie wir sie aus der Phonographie kennen (LOEBELL, persönliche Mitteilung).
In der Glottographie werden die Stimmlippen als Platten eines Kondensators betrachtet. Durch ein Näherrücken oder Auseinanderweichen der Stimmlippen ändert sich die Kapazität des Kondensators Glottis. Dadurch wird ein mittels zweier Elektroden durch den Kehlkopf geschickter Strom moduliert und die Schwankungen der Spannung werden aufgezeichnet.
Um zu beweisen, dass in der Glottographie nicht Schallwellen oder sonstige Schwingungen, sondern Stimmlippenbewegungen graphisch festgehalten werden, erschien es uns ratsam, diese Bewegungen noch durch eine andere, physikalisch völlig verschiedene und unabhängige Methode darzustellen. Am besten geeignet für diesen Zweck schien uns die Diaphanographie zu sein. Dabei wird der Kehlkopf von unten aussen mit einer starken Kaltlichtquelle durchleuchtet. Bewegen sich die Stimmlippen, so fällt, je nachdem, ob sie näherrücken oder auseinanderweichen mehr oder weniger Licht durch die rima glottidis in die oberen Etagen des Kehlkopfes und den Rachenraum. Dieses modulierte Licht wird von einer möglichst knapp über die Stimmritze gehaltenen Photozelle in elektrische Impulse verwandelt, die auf Registrierpapier graphisch festgehalten werden.
Daneben konnten wir die glottographischen wie auch die diaphanographischen Impulse auch auf einem Kathodenstrahloszillographen sichtbar machen und von diesem abfotographieren.
Obwohl beide Methoden auf ganz verschiedener Basis arbeiten, liefern uns Glottographie und Diaphanographie einander sehr ähnliche Ergebnisse. In mancher Hinsicht stimmen die Bilder, wie wir beim Vergleich der phonatorischen Schwingungen bei hoher Laufgeschwindigkeit sehen, sogar genau überein. Darin erblicken wir einen Beweis dafür, dass durch beide Methoden tatsächlich dieselben Phänomene, nämlich Stimmlippenbewegungen, aufgezeichnet werden.

Um unsere Aussagen untermauern zu können, untersuchten wir 12 gesunde Versuchspersonen, vier junge Männer während der physiologi-

hen Mutation und zwanzig Patienten, die wegen ihrer Beschwerden
e Stimm- und Sprachabteilung der HNO-Klinik und Poliklinik der
niversität München aufsuchten. Da es uns wegen eines oft unüber-
ndlichen Husten- und Würgreizes nicht möglich war, von allen Ver-
chspersonen gute Ergebnisse zu erhalten, führen wir in unserer Ar-
it nur die Probanden auf, von denen wir gute und sehr gute Bilder
igen können.

n einzelnen prüften und verglichen wir in den von uns angewandten
ntersuchungsarten folgende Erscheinungen:

ormaler Stimmeinsatz: Die Stimmlippen wandern in mässigem Tem-
aufeinander zu und lagern sich schliesslich in ihren medialen Rän-
rn aneinander. Im Glottogramm wird dieser Moment durch einen
einen Absatz der vorher steil ansteigenden Kurve markiert, während
n Diaphanogramm der Lichtstrom unterbrochen wird und die Kurve
eine Horizontale übergeht. Die Stimmlippen legen sich aber in der
olgezeit noch in grösserer Dicke aneinander, wie uns der weitere
nstieg des Glottogrammes zeigt. Die schnellen, phonatorischen
hwingungen der Stimmlippen beginnen in der Regel erst, nachdem
ch die Stimmbänder in ihrer respiratorischen Bewegungskomponen-
schon aneinandergelagert haben. Auch während der Phonation zeigt
s das respiratorische Glottogramm noch eine fortlaufende Schlies-
ngsbewegung der Stimmlippen. Die phonatorischen Schwingungen
lten an, bis die Stimmbänder auseinanderweichen, manchesmal et-
as länger. Die phonatorischen Oszillationen zeigen häufig fast regel-
ässige Amplitudenschwankungen, was mit einem Vibrato der Stimme
rbunden ist.
eim harten Stimmeinsatz wandern die Stimmbänder vor Phonations-
ginn ausserordentlich rasch aufeinander zu. Sie lagern sich gleich
solcher Dicke aneinander, dass gleichzeitig mit der Unterbrechung
s Lichtstromes im Diaphanogramm auch schon die Kuppel des fe-
en Glottisschlusses im Glottogramm erreicht wird. Die phonatori-
hen Schwingungen beginnen erst nach dem festen Verschluss der
mmritze, manchmal etwas später. Sie erreichen ihre höchste Am-
tude in wenigen hundertstel Sekunden. Wird die Stimme auch wieder
rt abgesetzt, so hören die phonatorischen Bewegungen der Stimmlip-
n auf, während uns die respiratorischen Aufzeichnungen noch einen
sten Verschluss der rima glottidis anzeigen.

eim weichen Stimmbeginn nähern sich die Stimmbänder einander sehr
ngsam. Ob ein fester Verschluss der Glottis erreicht wird ist frag-
h. Während der grössten Zeit der Phonation zeigt uns das respira-
rische Diaphanogramm eine Verschlussinsuffizienz der Stimmlippen.
e phonatorischen Schwingungen der Stimmlippen schwellen beim wei-

chen Einsatz ganz allmählich und gleichmässig zu einem Maximum an, Klingt die Stimme weich aus, so nimmt auch die Amplitude der Oszillationen langsam wieder ab. Oft dauern die tonfrequenten Schwingungen noch kurze Zeit bei sich öffnender Glottis fort.

Diskrepanzen zwischen respiratorischer Glottographie und Diaphanographie: Nach einer anfänglichen deutlichen und schnellen Abnahme des Widerstandes im Glottogramm, steigt dieser plötzlich wieder an um gleich darauf sehr schnell wieder abzufallen. Die phonatorischen Schwingungen beginnen gerade während dieser kurzzeitigen Widerstandszunahme. Das Diaphanogramm zeigt uns, dass diese glottographische Sonderbewegung durch innere Umlagerungen der Stimmlippen bedingt sein muss, da sie in ihm nicht in Erscheinung tritt. Die Stimmbänder liegen beim Stimmeinsatz fest aneinander.

Verhältnismässig oft sehen wir auf unseren Kurven eine Phonation bei nicht ganz geschlossener Glottis. Bei manchen Personen, die gewöhnlich mit weichem Stimmeinsatz sprechen, beginnen die phonatorischen Oszillationen fast immer bei klaffendem Stimmspalt. Auch während des Tonhaltens können die Stimmbänder zeitweilig auseinanderweichen. Die phonatorischen Schwingungen werden während solcher Episoden sogar grösser.

Beim Hecheln sind die einzelnen respiratorischen Schwingungsabläufe, entsprechend der hohen Atemfrequenz, recht kurz, die Amplitude ist beträchtlich verkleinert. Verschluss- und Öffnungszeit der Glottis zeigen bei den einzelnen Schwingungsabläufen keine konstante Relation. Des öfteren sehen wir beim Hecheln auch phonatorische Ausschläge verhältnismässig niederer Frequenz.

Husten: Nach einer weiten Öffnung erfolgt zunächst ein schneller, starker Verschluss der Stimmritze. Bei der Sprengung des Stimmspaltes durch den Anstieg des subglottischen Druckes treten hohe phonatorische Zuckungen auf, die oft schon während des Näherrückens der Stimmbänder mit kleinerer Amplitude beginnen. Die phonatorischen Schwingungen halten nur kurz an. Die respiratorische Glottographie zeigt uns während des Hustens verhältnismässig schnelle innere Umlagerungen der Stimmlippen an, während uns das Diaphanogramm zeigt, dass sich deren freie Ränder dabei viel weniger bewegen.

Das Würgen beginnt mit einem festen Verschluss der Glottis, auf den verschieden lange und grosse Phasen der Öffnung und Schliessung folgen. Auch auf den phonatorischen Kurven treten Zuckungen auf, die

ber soweit auseinanderliegen und so unregelmässig sind, dass wir e auf einzelne aktive Muskelkontraktionen zurückführen und nicht für lbsterregte Schwingungen halten.

äufig erscheinen auf unseren Bildern 100 bis 200 msec. vor Beginn r Phonation einzelne Zuckungen in den phonatorischen Aufzeichnun-en. Diese sind oft grösser als die für die Intonation typischen Glottis-chwingungen. Da auch das zeitliche Intervall zwischen ihnen verhält-smässig gross ist, führen wir sie ebenfalls auf aktive Muskelkontrak-onen zurück.

ährend der Mutation sind die Schwingungsabläufe der Stimmlippen el unregelmässiger als bei normalen Stimmen. Dies zeigt sich vor lem im repsiratorischen Glottogramm. Die pars intercartilaginea r Stimmritze bleibt in Form des sog. Mutationsdreiecks offen, das iaphanogramm zeigt deshalb einen unvollkommenen Verschluss des immspaltes. Die phonatorischen Ausschläge zeigen uns starke Schwan-ngen in Amplitude und Frequenz.

ei der Internusparese fallen die respiratorischen Schwingungsabläufe hr unregelmässig aus. Glottogramm und Diaphanogramm sind schlecht ordiniert. Die schlechte Ökonomie der Muskelbewegungen führt zu ner baldigen Ermüdung und damit Amplitudenverkleinerung der re-piratorischen Ausschläge. Die Einstellungsbewegung der Stimmlip-n ist verlängert. Charakteristisch für die Internusparese ist auch ne Phonation bei weit geöffneter, oder sich noch weiter öffnender immritze (paradoxe Reaktion).

e hypokinetische Stimmstörung zeigt uns eine stark verlängerte Ein-ellungsbewegung der Stimmlippen. Häufig setzen die phonatorischen hwingungen schon während des Näherrückens der Stimmbänder ein. e tonfrequenten Oszillationen sind gekennzeichnet durch stark wech-lnde Amplituden. Der Glottisschluss bleibt unvollständig.

erverse Mutation mit leichter Hypokinese: Bei dieser Störung finden r eine weit über das normale Mass hinausgehende Unregelmässigkeit r einzelnen Abläufe. Ein typisches Zeichen der perversen Mutation t die für eine Frau recht tiefe Frequenz der phonatorischen Ausschlä- von etwa 170/sec. In fast allen Schwingungsabläufen stellen wir einen vollkommenen Glottisschluss fest. In der Amplitude der phonatorischen szillationen erscheinen grosse Schwankungen, auch ihre Frequenz echselt etwas.

ottographie und Diaphanographie bauen auf ganz verschiedenen physi-

kalisch-technischen Grundlagen auf. Wir dürfen deshalb nicht erwarten, dass ihre Aussagen identisch sind. Die Glottographie zeigt uns auch innere Umlagerungen der Stimmlippen an, während wir in der Diaphanographie nur ein Enger- oder Weiterwerden der Stimmritze erkennen. Andererseits liefert uns die Diaphanographie da bessere Argumente, wo es darauf ankommt, einen Verschluss der Stimmritze durch Aneinanderlegen der Stimmbänder bzw. ein Klaffen derselben, zu diagnostizieren. Der Glottographie müssen wir dabei zugute halten, dass sie praktisch ohne Belästigung des Patienten durchgeführt werden kann, während die Anwendung der Diaphanographie wegen Auftretens starker Würg- oder Hustenreize oft auf erhebliche Schwierigkeiten stösst. Ferner ist das Spektrum der untersuchbaren Phänomene in der Diaphanographie stark eingeschränkt.

ITERATURVERZEICHNIS

MENBACH: zitiert aus BÜRGER, H.

RNDT, H.: Diskussionsbeitrag zum Vortrag OEKEN
Archiv f. Ohren-Nasen-Kehlkopfheilkunde 180, 1962, 851

ARTH: Einführung in die Physiologie, Pathologie und Hygiene der menschlichen Stimme.
Leipzig, Georg Thieme,1911, XIV, 507 S.

ECK, J., D.: Über funktionelle hypokinetische Stimmstörungen
Dissertation, München, 1967

ECKMANN, G.:
Klinische und elektroakustische Untersuchungen über den primären Kehlkopfton, sowie den akustischen Einfluss der Kehlkopfventrikel auf die Stimmproduktion.
Habilitationsschrift, Kiel, 1956

ECKMANN, G.:
Elektroakustische Untersuchungen über den primären Kehlkopfton.
Arch. Ohren-Nasen- u. Kehlkopfheilkunde 969 (1956), 1-172.

ERG, VAN DEN J. u. MOLL, J.:
Zur Anatomie des menschlichen Musculus vocalis.
Zschr. Anat. Entw. 118, 465-470 (1955).

ERG, VAN DEN, J.:
Modern Research in Experimental Phoniatrics.
Folia Phoniatr. 14, 81-149 (1962).

EHRINGER, S.:
Die Anordnung der Muskulatur in der menschlichen Stimmlippe und im Gebiet des Conus elasticus.
Zschr. Anat. Entw. 118, 324-342.

ERENDES, J.:
In Berendes, J.: Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, kurzgefasstes Lehrbuch in drei Bänden, Band II, Teil 2, Thieme, Stuttgart (1963).

BRÜNINGS, H.: Handbuch der direkten Untersuchungsmethoden
1909

BRÜNINGS, H.: Über neuere Hilfsmittel in der Oto-Laryngologie
Dtsch. med. Wschr. 1919, Nr. 20, S. 559

BUCHTAL, F.: Electromyography of intrinsic laryngeal muscles.
Q. J. Exp. Physiol. (London) 44, 137-148 (1959)

BÜCHER, Th.: in PETTE u. BÜCHER

BÜRGER, H.: Die Beobachtung der Stimmlippenbewegungen mittels der Glottographie.
Dissertation, München, 1967

CHEVRETON u. FLIES:
zitiert aus: BERENDES, J.: Hals-Nasen-Ohrenheilkun
kurzgefasstes Lehrbuch in drei Bänden

CHEVRIE, C. et C. MULLER:
Contribution à l'étude des traces glottographiques chez l'adulte normal; donnes recentes sur la morphologie du trace et tentative de classification.
Rev. Laryng. Bordeaux, 88, 227-242 (1967)

CHEVRIE, C. et MULLER et GREMY, F.:
Étude de l'electroglottogramme et du phonogramme en periode de mue vocale
Ann. Otolaryng. (Paris) 1963, No. 79, 135-144

CHOUARD, C. H. et CHEVRIE et MULLER, e. a.:
Correlations entre les renseignements fournis par l'electromyographie laryngeal et la glottographie
Ann. Orolaryng. (Paris) 85, 391-402

CZERMAK: Über den Kehlkopfspiegel
Wien. med. Wschr. 1858, Nr. 13, 27. März

CZERMAK: Der Kehlkopfspiegel und seine Verwertung für Physiologie und Medizin.
Leipzig, Engelmann, 1860, 2. Aufl. 1863

CZERMAK: Über Garcias Kehlkopfspiegel
Wien. med. Wschr. 1858, 16, S. 265, 17. April

ECROIX, G. et DUJARDINS, J.:
Etudes des acolements glottiques au cours de la phonation par la glottographie de haute frequence.
J. Franc. Otorhinolaryng. 7, 493-499 (1958)

LZE, C.: Anatomie des Kehlkopfes und des Tracheobronchialbaumes.
Im Handbuch der Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Vol. 1 von Decker u. Kahler
Springer u. Bergmann, Berlin, München (1925)

WALD, J., R.:
Zur Kenntnis von Polsterpfeifen.
Pflügers Archiv ges. Physiol. 152 (1913), 171

AABORG-ANDERSEN, K.:
Electromyographic Investigations of intrinsic laryngeal muscles in humans.
Acta Physiol. Scand. 41, 140 (1957)

ABRE, Ph.: Un procédé electrique percutanée d'inscription de l'acolement glottique au cours de la phonation; glottographie de haute frequence. Premiers resultats.
Bull. Acad. nat. med. (Paris) 121, 66-69 (1957)

ABRE, Ph.: Etude comparée des glottogrammes et des phonogrammes de la voix humaine.
Annal. d'Otolaryng. 75, No. 1, 2, 767

ABRE, Ph.: Glottographie respiratoire
Annal. d'Otolaryng. 78, No. 12, 814-824

ABRE, Ph.: Extraits des comptes des seances de l'Academie des sciences, 254, 4354-56 (1962)

ARENSWORTH:
zitiert aus: LUCHSINGER, R.: Lehrbuch der Stimm- und Sprachheilkunde
Zweite Auflage, Springer-Verlag, Wien 1959

LATEAU: zitiert aus BERENDES, J.

ANZ, H.: Zur Atmungs- und Stimmfunktion des Kehlkopfes.
Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, herausgegeben von Prof. Dr. Herrmann, Prof. Dr. Jacobi.
Johann, Ambrosius Barth, Leipzig, 1967

GARCIA: Beobachtungen über die menschliche Stimme.
Deutsch von L. v. Schröter
Monatsschr. f. Ohrenheilk. u. Laryngo-Rhinologie, 1878,
Nr. 1-6

GARCIA: Physiologic Observations on Human Voice.
Proc. of the Royal Soc. of London, Vol. 7, p 399, 1855

GAUTHIER, W.:
Extraits des comptes des seances de l'Academie de sciences, 248, 341-342 (1959)

GERHARDT: Zur Anwendung des Kehlkopfspiegels
Arch. v. physiol. Heilkunde 1859, 3. Heft, S. 420-426

GOERTTLER, K.:
Spezifische myofibrilläre Endorgane in der Wand der menschlichen Glottis.
Arch. f. Ohren-Nasen-Kehlkopfheilk. 178, S. 313, 1961

GOERTTLER, K.:
Die Anordnung, Histologie und Histogenese der quergestreiften Muskulatur im menschlichen Stimmband
Zschr. Anat. Entw. 115, 352-401

GREMY, F. et GUERIN, C.:
Etude de Glottogramm chez l'enfant sourd en cours de la rééducation vocale.
Ann. Otolaryng. (Paris) 80, 803-815 (1963)

GREMY et STRIGLIONI:
Contribution à l'etude de la physiologie du larynx en voix parlée. Appors de l'electroglottogramme.
Rev. Laryng. Bordeaux 84, 399-408

GRÜTZNER, P.:
Physiologie der Stimme und Sprache
Im Handbuch der Physiologie, Vol. 2, edit. by L. Herman, F. Vogel, Leipzig (1897)

HARLESS, E.: "Stimme"
in Wagners Handwörterbuch d. Physiologie, Bd. 4, S. 5
1853

ARTMANN, W. u. H. WULLSTEIN:
Untersuchungen über den Bewegungsvorgang an den schwingenden Stimmlippen von Kehlkopfpräparaten mit verbesserter Fotozellenmethode.
Arch. f. Ohren-Nasen-Kehlkopfheilk. 144, 348-360

AST: zitiert aus GANZ, H.: Zur Atmungs- und Stimmfunktion des Kehlkopfes

ELMHOLTZ, H.:
Die Lehre von den Tonempfindungen.
6. Auflage, Braunschweig (1913)

ERMANN, L.: Neue Beiträge zur Lehre von den Vokalen und ihrer Entstehung.
Pflügers Arch. ges. Physiol. 141 (1911), 1-62

USSON, R. et TARNAUD:
Etudes des Phenomenes physiologiques et acoustiques fondamenteaux de la voix humaine chantée
Rev. de Laryng. etc. 53, II, 64, 1932

USSON, R.: Sur la physiologie vocale.
Ann. Otolaryng. 2, 1241 (1952)

USSON, R. et TARNAUD:
La mecanique des cordes vocales dans la phonation.
Rev. de Laryng. etc. 53, 961 (1952)

USSON, R.: Physiologie de la phonation.
Paris, 1962

AKOBSOHN: zitiert aus GOERTTLER

DSON and WEAVER:
Voice Science,
Vision Press, LTD, London, Meridith Publishing Company 1965

LIAN: Die Demonstration laryngoskopischer Bilder vermittels der direkten Projektion.
Münch. med. Wschr. 1893, Nr. 6

KILIAN: Zur Geschichte der Laryngoskopie von den ältesten Zeiten bis Bozzini.
Arch. f. Laryngol. u. Rhinol., Bd. 29, H. 3, S. 347 (1915)

KIRSTEN: Kombinierte Laryngoskopie, eine neue Art von Kehlkopf zu spiegeln.
Allg. med. Zentralzeitung 1897, Nr. 32

KOELLE, G. u. FRIEDENWALD, J.:
A Histochemical Method for Localizing Cholinesterase Activity.
Proc. Soc. Exper. Biol. Med. New York 70, 617-622

LANZ-WACHSMUTH:
Praktische Anatomie, Band I, 2
Berlin, Springer, 1955

LESOINE, W.: Neue Gesichtspunkte zum Aufhängeapparat des Kehlkopfes
Arch. f. Ohren-Nasen-Kehlkopfheilk. 188, S. 491 (1967)

LINDEMANN, E.:
Studies of action Currents in laryngeal nerves
Proc. Soc. of Exper. Biol. a. Med. 27, 479-481 (1930)

LINDNER, G.: Grundlagen der pädagogischen Audiologie.
VEB Volk und Gesundheit, Berlin, 1966

LISTON: Pract. Surg., London, 1840, S. 410

LOEBELL, E.: Über Glottographie; Experimentelle Untersuchung
Verh. Dtsch. Ges. Stimm- u. Sprachheilkunde, Saarbrükken 1965

LOEBELL, E.: Über den klinischen Wert der Elektroglottographie
Arch. f. HNO-Heilk. 191, 76, 760-764

LOEBELL, E.: Direkte Messung des subglottischen Luftdrucks
Arch. Klin. Exp. Ohr.-Nas. Kehlkopfheilk. 194, 316-320, 22. Dez. 1969

LOEBELL, E.: Frequenzzerlegte Glottographie als Beitrag zur Entstehung der Formanten.
COMET, Barcelona, 1970, Folia phon.

LOEBELL, E.: Neue Ergebnisse der Elektroglottographie
Oto-Rhino-Laryngologie, Proceedings of the Ninth International Congress, Mexico, D. F., Excerpta Medica, Amsterdam, 1970

LUCHSINGER, R. u. G. ARNOLD:
Lehrbuch der Stimm- und Sprachheilkunde,
Wien, Springer-Verlag (1959)

LUCHSINGER, R.:
Stimmbildung und Stimmphysiologie
Wien, Springer-Verlag 1951

LUCHSINGER, R. u. PFISTER:
Ergebnisse von Kehlkopfaufnahmen mit einer Zeitdehnapparatur.
Bull. Schweiz. Annal. Med. Wiss. 15 (1959), 164

LUDWIG, C.: zitiert nach GOERTTLER

LUSCHKA, v. H.:
Der Kehlkopf des Menschen
H. Laupp, Tübingen

MATZKER: 100 Jahre Larynx- und Rhinopharynxphotographie
Z. Laryng. Rhinol. 40 (1961), 809

MAYET, A.: Zur funktionellen Anatomie der menschlichen Stimmlippe
Zschr. Anat. Entw. 119, 87-111 (1955)

MAYET, A. u. K. MÜNDNICH:
Beiträge zur Anatomie und zur Funktion des menschlichen cricothyreoideus und der Cricothyreoidgelenke
Acta anat. (Basel) 33, 1958, S. 275

MICHEL, C.: Morphologie de la courbe glottographique dans certains troubles fonctionels du larynx
Folia phon. Basel, 19, 192-202 (1967)

MÜNDNICH, K.:
Anatomische und histologische Untersuchungen und Experimente zur Physiologie und Pathologie des menschlichen Kehlkopfes
Arch. f. Ohren-Nasen-Kehlkopfheilk.,
Zschr. f. Hals-Nasen-Ohrenheilk. 169, 190 (1956)

NEGUS, v. E.: The Mecanism of the Larynx
W. M. Heinemann, London

OEKEN, F. W.: Beitrag zur Schallanalyse des primären Kehlkopftones
Arch. Ohren-Hasen-Kehlkopfheilk. 180 (1962), 800-804

PANCONCELLI-CALZIA, G.:
Über die Diaphanoskopie des Kehlkopfes im Dienste der experimentellen Phonetik
Mschr. Ohrenheilk. Laryng.-Rhinol. 65, 1307-1311

PAULSEN, K.: Das Prinzip der Stimmbildung in der Wirbeltierreihe und beim Menschen
Akademische Verlagsgesellschaft, Frankfurt a. M., 196

PELLNITZ, D.:
Die besonderen Möglichkeiten der Kehlkopfdiagnostik durch Anwendung der Diaphanoskopie
Pract. otorhinolar. 16, 225-232, 1954

PERELLO, J.: Dysphonies fonctionelles, Phonoponose et Phononeurose
Folia Phoniatr. 14, 150-205 (1962)

PETTE, D.: Über Enzymorte und Enzymaktivitäten
Habilitationsschrift, Marburg (1963)

PETTE, D. u. Th. BUECHER:
Über Enzymorte und Enzymaktivitäten
Hoppe-Seylers Z. Physiol. Chem. 331, 180 (1963)

PLATEAU: zitiert aus BERENDES, LINK, usw.

PRESSMAN, J. u. G. KELEMANN:
Physiology of the Larynx
Physiol. Revue 35, 506-554

PSCHYREMBEL, W.:
Klinisches Wörterbuch
Walter de Gruyter u. Co., Berlin, 1969

RÜHLMANN, H.:
Untersuchungen über das Zusammenwirken der Muskeln bei einigen häufiger vorkommenden Kehlkopfstellungen.
Sitzungsbericht, Kaiserl. Akad. der Wiss. Math. Nat. Berlin, 1874, Cl. 69, 257-308

AMENGO: zitiert aus PANCONCELLI-CALZIA: Über die Diaphanoskopie des Kehlkopfes im Dienste der experimentellen Phonetik

CHLOSSHAUER, B. u. VOSTEEN, K.:
Über die Anordnung und Wirkungsweise der im conus elasticus ansetzenden Fasern des Stimmuskels.
Zschr. Laryng. 36, 642-650

CHLOSSHAUER, B. u. VOSTEEN, K.:
Über den Verlauf und die Funktion der Stimmuskelfasern
Zschr. Anat. Entw. 120, 456-465

CHÖNHÄRL, E.:
Die Stroboskopie in der praktischen Laryngologie
Thieme, Stuttgart, 1960

EEMAN: Sprachstörungen bei Kindern
VEB Verlag Volk u. Gesundheit, Berlin, 1969

OBOTTA-BECHER:
Atlas der Anatomie des Menschen
Urban u. Schwarzenberg, München, Berlin, 1957

ONESSON, B.: On the Anatomy and Vibratory Pattern of the Human Vocal Folds
Acta Otolaryngologica, Suppl. 156, Lund 1960

ONESSON, B.: A Method for Studying the Vibratory Movements of the Vocal Cords. A preliminary report.
J. Laryng. 732-737

TÖRK: Klinik der Krankheiten des Kehlkopfes, der Nase und des Rachens
Ferdinand Enke, Stuttgart, 1880, XI, S. 555

TUMPF, C.: Die Struktur der Vokale
Preuss. Akad. Wiss., Vol. 17, p. 333, 1918

'ECHMER: Einleitung in die Sprachwissenschaft
W. Engelmann, Leipzig, 1880, 1. u. 2. Teil

THEOPOLD, H.:
Untersuchungen stimmhafter und stimmloser Konsonant
mittels der Glottographie
Dissertation, München, 1969

TRENDELENBURG, W.:
Physiologische Untersuchungen über die Stimmbildung
Preuss. Akad. Wiss., Vol. 31, p. 525, 1935

TRENDELENBURG, W. u. H. WULLSTEIN:
Untersuchungen über die Stimmbandschwingungen
Sitzungsbericht, Preuss. Akad. Wiss. Phys. math. Kl. 21,
399-426 (1935)

TRENDELENBURG, W.:
Physiologische Untersuchungen über die Stimmklang-
bildung
Preuss. Akad. Wiss., Vol. 23, p. 338 (1936)

TRENDELENBURG, W. u. HARTMANN, W.:
Ausdruck der Öffnung und Schliessung der Stimmritze
in der Periode des Luftklangs. Untersuchungen am Kehl
kopfpräparat.
Sitzungsbericht Preuss. Akad. Wiss. phys. math. Kl. 391-
398 (1937)

TÜRCK, L.: Der Kehlkopfspiegel und die Methode seines Gebrauchs
Zeitschr. f. d. Gesellsch. d. Ärzte zu Wien 1858, Nr. 26,
v. 28. Juni

VALLANCIEN, B. u. J. FAULHABER:
What to think of Glottography
Folia Phoniatr. (Basel) 19, 39-44 (1967)

WALDEYER, A.:
Anatomie des Menschen, II. Teil, Kopf und Hals, Auge
usw.
Walter de Gruyter u. Co., Berlin, 1965

WULLSTEIN, H.:
Der Bewegungsvorgang der Stimmlippen während der
Stimmgebung
Arch. Ohren-Nasen-Kehlkopfheilk. 142, 119-138 (1937)

WUSTROW, F.: Bau und Funktion des menschlichen musculus vocalis
Zschr. Anat. Entw. 116, 506-522

Für die Überlassung des Themas und die freundliche Unterstützung während der Ausführung der Arbeit danke ich Herrn Prof. Dr. E. Loebell, dem Leiter der Stimm- und Sprachabteilung an der Hals-Nasen-Ohrenklinik der Universität München, herzlichst.

Aufrichtigen Dank möchte ich auch Frl. S. Hanel aussprechen für die tatkräftige Hilfe bei der Auswahl der Patienten und die Mitarbeit bei den Versuchen.

LEBENSLAUF

Am 17.2.1943 wurde ich als viertes Kind des Kurbadbesitzers Hans Huber und seiner Frau Margarete Huber, geb. Niedermayer, in Regensburg geboren. Meine Kindheit verbrachte ich in Bad Gögging in Niederbayern. Dort trat ich am 1. September 1949 in die Volksschule ein, die ich bis zum Sommer 1954 besuchte. Am 1. September 1954 wurde ich in das Humanistische Gymnasium der Benediktiner in Metten aufgenommen. Im Juni 1963 legte ich dort die Reifeprüfung ab. Anschliessend diente ich ein Jahr im Sanitätswesen der Bundeswehr. Im November 1964 begann ich das Studium der Medizin an der Universität München. An dieser bestand ich auch im Herbst 1965 die Naturwissenschaftliche und im Frühjahr 1967 die Ärztliche Vorprüfung. Das Medizinische Staatsexamen beendete ich am 19. Juni 1970 ebenfalls in München.